

(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
2022年5月5日(05.05.2022)



(10) 国際公開番号
WO 2022/090863 A1

- (51) 国際特許分類:
C07D 471/04 (2006.01) H01L 27/32 (2006.01)
C09K 11/06 (2006.01) H01L 51/50 (2006.01)
G09F 9/30 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/IB2021/059590
- (22) 国際出願日: 2021年10月19日(19.10.2021)
- (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 2020-182681 2020年10月30日(30.10.2020) 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: 門間裕史(KADOMA, Hiroshi), 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

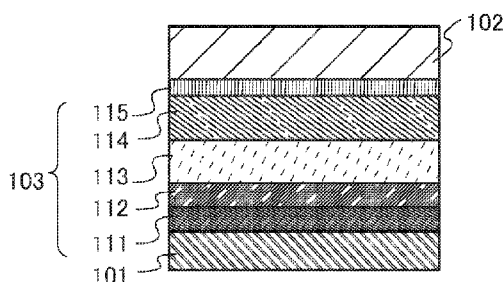
一研究所内 Kanagawa (JP). 瀬尾哲史(SEO, Satoshi); 〒2430036 神奈川県厚木市長谷398株式会社半導体エネルギー研究所内 Kanagawa (JP). 尾坂晴恵(OSAKA, Harue); 〒2430036 神奈川県厚木市長谷398株式会社半導体エネルギー研究所内 Kanagawa (JP).

- (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, IT, JO, JP, KE, KG, KH, 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.

(54) Title: ORGANIC COMPOUND, CARRIER TRANSPORT MATERIAL, HOST MATERIAL, LIGHT EMITTING DEVICE, LIGHT EMITTING APPARATUS, ELECTRONIC EQUIPMENT, AND LIGHTING APPARATUS

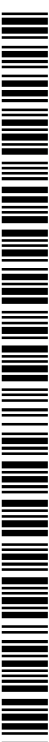
(54) 発明の名称: 有機化合物、キャリア輸送用材料、ホスト用材料、発光デバイス、発光装置、電子機器および照明装置

図1A



(57) Abstract: Provided is a novel organic compound suitable for a host material for a light emitting device, in particular, for a host material in a phosphorescent light emitting device. Provided is: an organic compound in which either one among a carbazolyl group, a dibenzothiophenyl group, a dibenzofuranyl group, and a diphenylamino group is bonded to the 3-position of imidazole phenanthridine through an arylene group; or an organic compound in which a diphenylamino group is bonded to the 3-position of triazolophenanthridine through an arylene group.

(57) 要約: 発光デバイスのホスト用材料、特にりん光発光デバイスにおけるホスト用材料として好適な新規有機化合物を提供する。イミダゾフェナントリジンの3位にアリーレン基を介してカルバゾリル基、ジベンゾチオフェニル基、ジベンゾフラニル基およびジフェニルアミノ基のいずれかが結合した有機化合物、またはトリアゾロフェナントリジンの3位にアリーレン基を介してジフェニルアミノ基が結合した有機化合物を提供する。



WO 2022/090863 A1

(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 :

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

明細書

発明の名称

有機化合物、キャリア輸送用材料、ホスト用材料、発光デバイス、発光装置、電子機器および照明装置

技術分野

[0001]

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

背景技術

[0002]

有機化合物を用いたエレクトロルミネッセンス（EL：Electroluminescence）を利用する発光デバイス（有機ELデバイス）の実用化が進んでいる。これら発光デバイスの基本的な構成は、一对の電極間に発光材料を含む有機化合物層（EL層）を挟んだものである。このデバイスに電圧を印加して、キャリアを注入し、当該キャリアの再結合エネルギーを利用することにより、発光材料からの発光を得ることができる。

[0003]

このような発光デバイスは自発光型であるためディスプレイの画素として用いると、液晶に比べて視認性が高い、およびバックライトが不要である等の利点があり、フラットパネルディスプレイ用の素子として好適である。また、このような発光デバイスを用いたディスプレイは、薄型軽量に作製できることも大きな利点である。さらに非常に応答速度が速いことも特徴の一つである。

[0004]

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

[0005]

このように発光デバイスを用いたディスプレイおよび照明装置はさまざまな電子機器に適用好適であるが、より良好な特性を有する発光デバイスを求めて研究開発が進められている。例えば特許文献1ではイミダゾフェナントリジン誘導体、特許文献2ではトリアゾロフェナントリジン誘導体をりん光発光デバイスのホスト材料として用いる構成が開示されている。

[先行技術文献]

[特許文献]

[0006]

[特許文献1] 特開2014-033195号公報

[特許文献2] 特開2017-175128号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007]

本発明の一態様では、新規有機化合物を提供することを目的とする。または、本発明の他の一態様では、新規キャリア輸送層用材料を提供することを目的とする。または、本発明の他の一態様では、新規ホスト材料を提供することを目的とする。または、本発明の他の一態様では、りん光発光デバイスにおけるホスト材料を提供することを目的とする。または、本発明の他の一態様では、発光効率の高い発光デバイスを作製することが可能な新規有機化合物を提供することを目的とする。または、本発明の他の一態様では、寿命の良好な発光デバイスを提供することが可能な有機化合物を提供することを目的とする。

[0008]

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

[0009]

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

[0010]

本発明は上述の課題のうちいずれか一を解決すればよいものとする。

課題を解決するための手段

[0011]

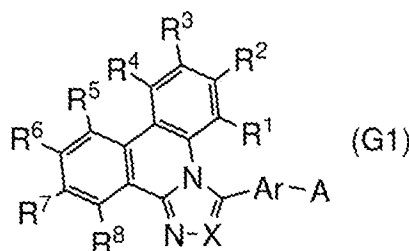
上記課題を解決するために、本発明の一態様ではイミダゾフェナントリジンの3位にアリーレン基を介してカルバズリル基、ジベンゾチオフェニル基、ジベンゾフラニル基およびジアリールアミノ基のいずれかが結合した有機化合物またはトリアゾプロフェナントリジンの3位にアリーレン基を介してジアリールアミノ基が結合した有機化合物を提供する。

[0012]

すなわち、本発明の一態様は、下記一般式(G1)で表される有機化合物である。

[0013]

[化1]



[0014]

ただし、上記一般式(G1)において、Xは窒素または置換もしくは無置換の炭素を表し、Arは

置換または無置換の炭素数 6 乃至炭素数 12 のアリーレン基を表す。また、R¹乃至R⁸はそれぞれ独立に水素、炭素数 1 乃至炭素数 6 のアルキル基、炭素数 3 乃至炭素数 7 の環状アルキル基及び置換または無置換の炭素数 6 乃至炭素数 13 のアリール基のいずれかを表す。また、AはXが窒素の場合に置換または無置換のジアリールアミノ基を表し、Xが炭素である場合には、置換または無置換のジアリールアミノ基、置換または無置換のカルバゾリル基、置換または無置換のジベンゾチオフェニル基および置換または無置換のジベンゾフラニル基のいずれかを表す。

[0015]

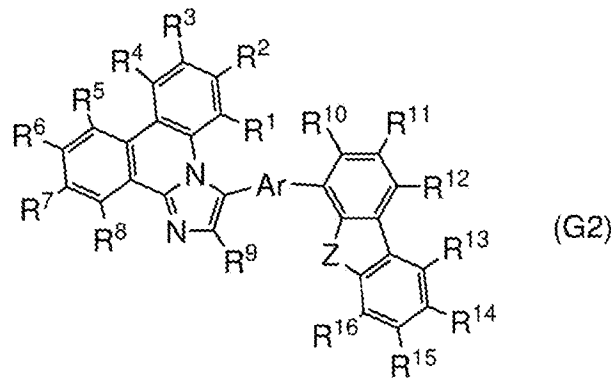
または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記R¹乃至R⁸が水素である有機化合物である。

[0016]

または、本発明の一態様は、下記一般式 (G2) で表される有機化合物である。

[0017]

[化2]



[0018]

ただし、上記一般式 (G2) において、Zは酸素または硫黄を表し、Arは置換または無置換の炭素数 6 乃至炭素数 12 のアリーレン基を表す。また、R¹乃至R¹⁶は、それぞれ独立に水素、炭素数 1 乃至炭素数 6 のアルキル基、炭素数 3 乃至炭素数 7 の環状アルキル基および置換または無置換の炭素数 6 乃至炭素数 13 のアリール基のいずれかを表す。

[0019]

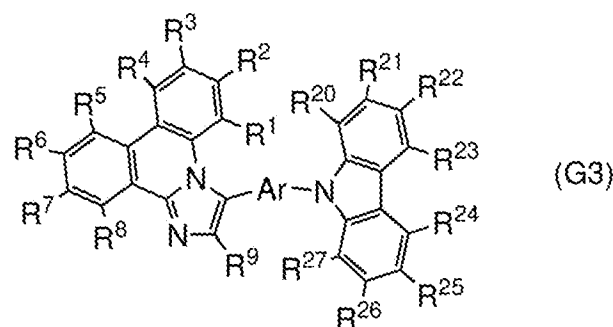
または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記R¹乃至R¹⁶が水素である有機化合物である。

[0020]

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

[0021]

[化3]



[0022]

ただし、上記一般式 (G3) において、Ar は置換または無置換の炭素数6乃至炭素数12のアリール基を表す。また、R¹乃至R⁹およびR²⁰乃至R²⁷は、それぞれ独立に水素、炭素数1乃至炭素数6のアルキル基、炭素数3乃至炭素数7の環状アルキル基および置換または無置換の炭素数6乃至炭素数13のアリール基のいずれかを表す。

[0023]

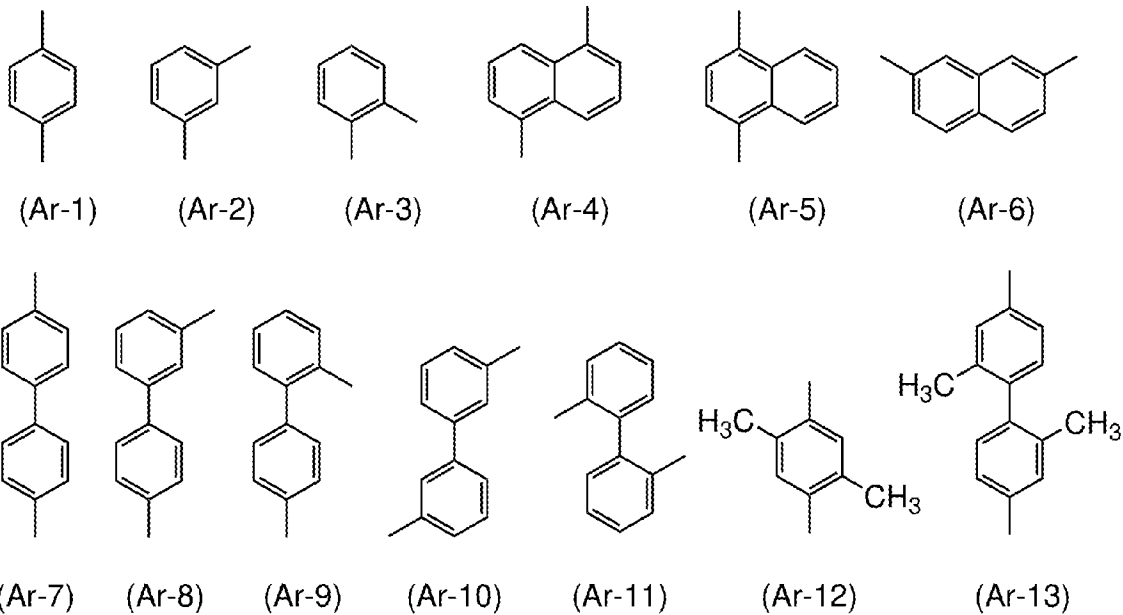
または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記R¹乃至R⁹およびR²⁰乃至R²⁷が水素である有機化合物である。

[0024]

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記Arが下記構造式 (Ar-1) 乃至 (Ar-13) のいずれかである有機化合物である。

[0025]

[化4]



[0026]

または、本発明の他の一態様は、上記構成においてArが上記構造式 (Ar-1)、(Ar-2)、(Ar-7)、(Ar-8) および (Ar-10) のいずれかで表される基である有機化合物である。

[0027]

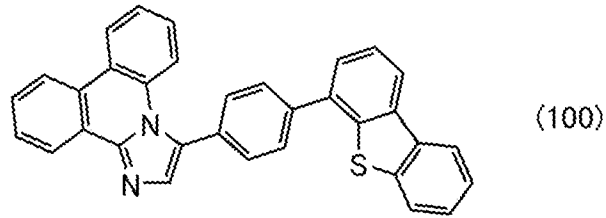
または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記Arが上記構造式 (Ar-1) で表される基である有機化合物である。

[0028]

または、本発明の他の一態様は、下記構造式 (100) で表される有機化合物である。

[0029]

[化5]

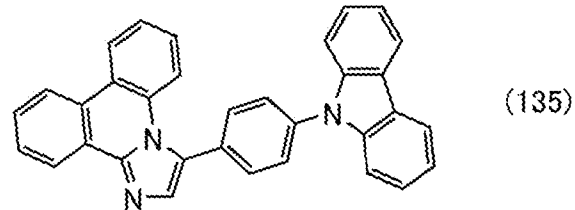


[0030]

または、本発明の他の一態様は、下記構造式(135)で表される有機化合物である。

[0031]

[化6]



[0032]

または、本発明の他の一態様は、上記有機化合物のいずれかを含む発光デバイスのキャリア輸送層用材料である。

[0033]

または、本発明の他の一態様は、上記有機化合物のいずれかを含む発光デバイスのホスト用材料である。

[0034]

または、本発明の他の一態様は、陽極と、陰極と、前記陽極と前記陰極との間に位置するEL層とを有し、前記EL層は発光層を有し、前記発光層は、発光材料と、上記有機化合物を有する発光デバイスである。

[0035]

または、本発明の他の一態様は、上記発光デバイスと、センサ、操作ボタン、スピーカ、または、マイクとを有する電子機器である。

[0036]

または、本発明の他の一態様は、上記発光デバイスと、トランジスタ、または、基板とを有する発光装置である。

[0037]

または、本発明の他の一態様は、上記発光デバイスと、筐体とを有する照明装置である。

[0038]

なお、本明細書中における発光装置とは、発光デバイスを用いた画像表示デバイスを含む。また、発光デバイスにコネクタ、例えば異方導電性フィルム又はTCP (Tape Carrier Package) が取り付けられたモジュール、TCPの先にプリント配線板が設けられたモジュール、又は発光デバイスにCOG (Chip On Glass) 方式によりIC (集積回路) が直接実装されたモジュールも、発光装置に含まれる場合がある。さらに、照明器具は、発光装置を有する場合がある。

発明の効果

[0039]

本発明の一態様では、新規有機化合物を提供することができる。または、本発明の他の一態様では、新規キャリア輸送層用材料を提供することができる。または、本発明の他の一態様では、新規ホスト材料を提供することができる。または、本発明の他の一態様では、りん光発光デバイスに好適に使用可能なホスト材料を提供することができる。または、本発明の他の一態様では、発光効率の高い発光デバイスを作製することが可能な新規有機化合物を提供することができる。または、本発明の他の一態様では、寿命の良好な発光デバイスを提供することが可能な有機化合物を提供することができる。

[0040]

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

[0041]

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

[0042]

図1A、図1Bおよび図1Cは発光デバイスの概略図である。

図2Aおよび図2Bはアクティブマトリクス型発光装置の概念図である。

図3Aおよび図3Bはアクティブマトリクス型発光装置の概念図である。

図4はアクティブマトリクス型発光装置の概念図である。

図5Aおよび図5Bはパッシブマトリクス型発光装置の概念図である。

図6Aおよび図6Bは照明装置を表す図である。

図7A、図7B1、図7B2および図7Cは電子機器を表す図である。

図8A、図8Bおよび図8Cは電子機器を表す図である。

図9は照明装置を表す図である。

図10は照明装置を表す図である。

図11は車載表示装置及び照明装置を表す図である。

図12Aおよび図12Bは電子機器を表す図である。

図13A、図13Bおよび図13Cは電子機器を表す図である。

図14Aおよび図14BはDBTPIPt-I Iの¹H NMRチャートである。

図15はDBTPIPt-I Iのトルエン溶液における吸収スペクトルと発光スペクトルである。

図16はDBTPIPt-I Iの薄膜状態における吸収スペクトルと発光スペクトルである。

図17Aおよび図17BはCzPIPtの¹H NMRチャートである。

図18はCzPIPtのトルエン溶液における吸収スペクトルと発光スペクトルである。

図19はCzPIPtの薄膜状態における吸収スペクトルと発光スペクトルである。

図20Aおよび図20BはmDP h ATP tの¹H NMRチャートである。

- 図 2 1 は m D P h A T P t のトルエン溶液における吸収スペクトルと発光スペクトルである。
- 図 2 2 は m D P h A T P t の薄膜状態における吸収スペクトルと発光スペクトルである。
- 図 2 3 は発光デバイス 1、発光デバイス 2、比較発光デバイス 1 および比較発光デバイス 2 の輝度－電流密度特性である。
- 図 2 4 は発光デバイス 1、発光デバイス 2、比較発光デバイス 1 および比較発光デバイス 2 の電流効率－輝度特性である。
- 図 2 5 は発光デバイス 1、発光デバイス 2、比較発光デバイス 1 および比較発光デバイス 2 の輝度－電圧特性である。
- 図 2 6 は発光デバイス 1、発光デバイス 2、比較発光デバイス 1 および比較発光デバイス 2 の電流－電圧特性である。
- 図 2 7 は発光デバイス 1、発光デバイス 2、比較発光デバイス 1 および比較発光デバイス 2 の外部量子効率－輝度特性である。
- 図 2 8 は発光デバイス 1、発光デバイス 2、比較発光デバイス 1 および比較発光デバイス 2 の発光スペクトルである。
- 図 2 9 は発光デバイス 1、発光デバイス 2、比較発光デバイス 1 および比較発光デバイス 2 の規格化輝度－時間変化特性である。
- 図 3 0 は発光デバイス 3 および比較発光デバイス 3 の輝度－電流密度特性である。
- 図 3 1 は発光デバイス 3 および比較発光デバイス 3 の電流効率－輝度特性である。
- 図 3 2 は発光デバイス 3 および比較発光デバイス 3 の輝度－電圧特性である。
- 図 3 3 は発光デバイス 3 および比較発光デバイス 3 の電流－電圧特性である。
- 図 3 4 は発光デバイス 3 および比較発光デバイス 3 の外部量子効率－輝度特性である。
- 図 3 5 は発光デバイス 3 および比較発光デバイス 3 の輝度－電力効率特性である。
- 図 3 6 は発光デバイス 3 および比較発光デバイス 3 の発光スペクトルである。
- 図 3 7 は発光デバイス 4 および比較発光デバイス 4 の輝度－電流密度特性である。
- 図 3 8 は発光デバイス 4 および比較発光デバイス 4 の電流効率－輝度特性である。
- 図 3 9 は発光デバイス 4 および比較発光デバイス 4 の輝度－電圧特性である。
- 図 4 0 は発光デバイス 4 および比較発光デバイス 4 の電流－電圧特性である。
- 図 4 1 は発光デバイス 4 および比較発光デバイス 4 の外部量子効率－輝度特性である。
- 図 4 2 は発光デバイス 4 および比較発光デバイス 4 の輝度－電力効率特性である。
- 図 4 3 は発光デバイス 4 および比較発光デバイス 4 の発光スペクトルである。
- 図 4 4 は発光デバイス 5 および比較発光デバイス 5 の輝度－電流密度特性である。
- 図 4 5 は発光デバイス 5 および比較発光デバイス 5 の電流効率－輝度特性である。
- 図 4 6 は発光デバイス 5 および比較発光デバイス 5 の輝度－電圧特性である。
- 図 4 7 は発光デバイス 5 および比較発光デバイス 5 の電流－電圧特性である。
- 図 4 8 は発光デバイス 5 および比較発光デバイス 5 の外部量子効率－輝度特性である。
- 図 4 9 は発光デバイス 5 および比較発光デバイス 5 の輝度－電力効率特性である。
- 図 5 0 は発光デバイス 5 および比較発光デバイス 5 の発光スペクトルである。

発明を実施するための形態

[0 0 4 3]

以下、本発明の実施の態様について図面を用いて詳細に説明する。但し、本発明は以下の説明に限

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

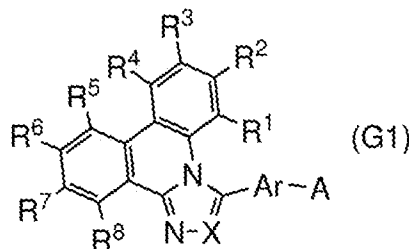
[0044]

(実施の形態1)

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

[0045]

[化7]



[0046]

ただし、上記一般式(G1)において、Xは窒素または置換もしくは無置換の炭素を表すものとする。Xが置換基を有する炭素である場合、当該置換基としては炭素数1乃至炭素数6のアルキル基、炭素数3乃至炭素数7の環状アルキル基および置換または無置換の炭素数6乃至炭素数13のアリール基のいずれかが置換しているものとする。

[0047]

また、Arは置換または無置換の炭素数6乃至炭素数12のアリーレン基を表す。

[0048]

また、R¹乃至R⁸はそれぞれ独立に水素、炭素数1乃至炭素数6のアルキル基、炭素数3乃至炭素数7の環状アルキル基及び置換または無置換の炭素数6乃至炭素数13のアリール基のいずれかを表す。

[0049]

また、AはXが窒素の場合に置換または無置換のジアリールアミノ基を表し、Xが炭素である場合には、置換または無置換のジアリールアミノ基、置換または無置換のカルバゾリル基、置換または無置換のジベンゾチオフェニル基および置換または無置換のジベンゾフラニル基のいずれかを表す。

[0050]

なお、上記ジアリールアミノ基のアリール基は、置換または無置換の炭素数6乃至炭素数13のアリール基であり、具体的には各々独立にフェニル基、ナフチル基、ビフェニルジイル基、およびフルオレニル基を挙げることができる。

[0051]

なお、上記一般式(G1)で表される有機化合物において、R¹乃至R⁸が水素である有機化合物は、合成が簡便であり、また原料の調達が容易であるためコスト的に有利である。

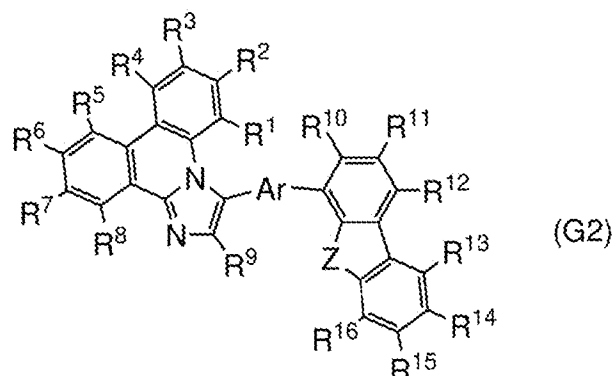
[0052]

なお、上記一般式(G1)で表される有機化合物は、Xが炭素であり、Aがジベンゾチオフェニル基またはジベンゾフラニル基であることが好ましい。中でも特にジベンゾチオフェニル基またはジ

ベンゾフラニル基が4位でA_rに結合していることが好ましく、下記一般式(G2)で表される有機化合物が好ましい。

[0053]

[化8]



[0054]

ただし、上記一般式(G2)において、Zは酸素または硫黄を表すものとする。

[0055]

また、A_rは置換または無置換の炭素数6乃至炭素数12のアリーレン基を表す。

[0056]

R¹乃至R¹⁶は、それぞれ独立に水素、炭素数1乃至炭素数6のアルキル基、炭素数3乃至炭素数7の環状アルキル基および置換または無置換の炭素数6乃至炭素数13のアリール基のいずれかを表す。

[0057]

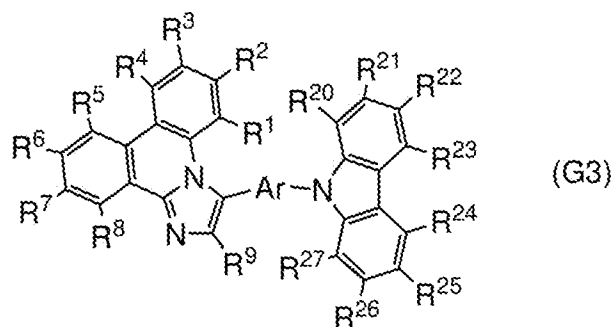
なお、上記一般式(G2)で表される有機化合物において、R¹乃至R¹⁶が水素である有機化合物は、合成が簡便であり、また原料の調達が容易であるためコスト的に有利である。

[0058]

また、上記一般式(G1)で表される有機化合物は、Xが炭素であり、Aがカルバゾリル基であると、ホール輸送性が良好となるため好ましい。中でもカルバゾリル基が9位の窒素A_rに結合していることが好ましく、すなわち下記一般式(G3)で表される有機化合物が好ましい。

[0059]

[化9]



[0060]

ただし、上記一般式(G3)において、A_rは置換または無置換の炭素数6乃至炭素数12のアリーレン基を表す。

[0061]

また、 R^1 乃至 R^9 および R^{20} 乃至 R^{27} は、それぞれ独立に水素、炭素数1乃至炭素数6のアルキル基、炭素数3乃至炭素数7の環状アルキル基および置換または無置換の炭素数6乃至炭素数13のアリール基のいずれかを表す。

[0062]

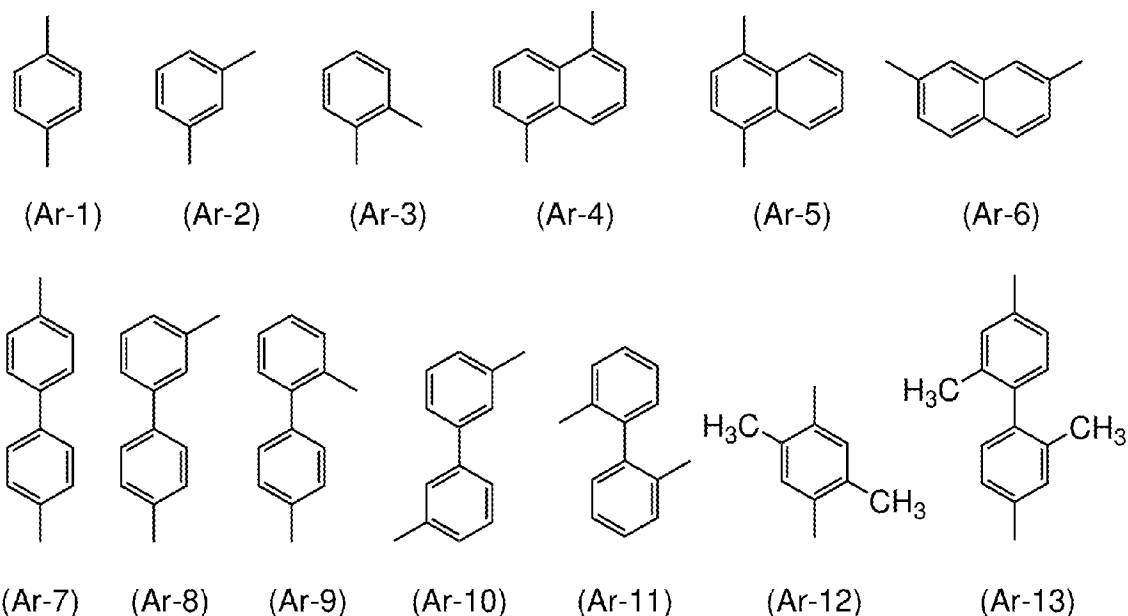
なお、上記一般式(G3)で表される有機化合物において、 R^1 乃至 R^9 および R^{20} 乃至 R^{27} が水素である有機化合物は、合成が簡便であり、また原料の調達が容易であるためコスト的に有利である。

[0063]

また、上記一般式(G1)乃至(G3)で表される有機化合物において、Arとして表される炭素数6乃至12のアリーレン基としては、フェニレン基、ナフチレン基、およびビフェニルジイル基等を挙げることができ、中でも、下記構造式(Ar-1)乃至(Ar-13)で表される基のいずれかである有機化合物が好ましい。また、Arは特に下記構造式(Ar-1)、(Ar-2)、(Ar-7)、(Ar-8)および(Ar-10)で表される基であることが合成の収率が高く、また原料が安価であるため特に好ましく、中でも下記構造式(Ar-1)で表される基であることが好ましい。

[0064]

[化10]



[0065]

なお、本明細書において、基および骨格の説明において「置換または無置換の」と述べた場合、当該基および骨格が有する置換基としては、炭素数1乃至炭素数6のアルキル基、炭素数3乃至炭素数7の環状アルキル基、炭素数6乃至炭素数13のアリール基を挙げることができる。なお、これらの置換基は、隣り合った置換基同士が環を形成していても良い。

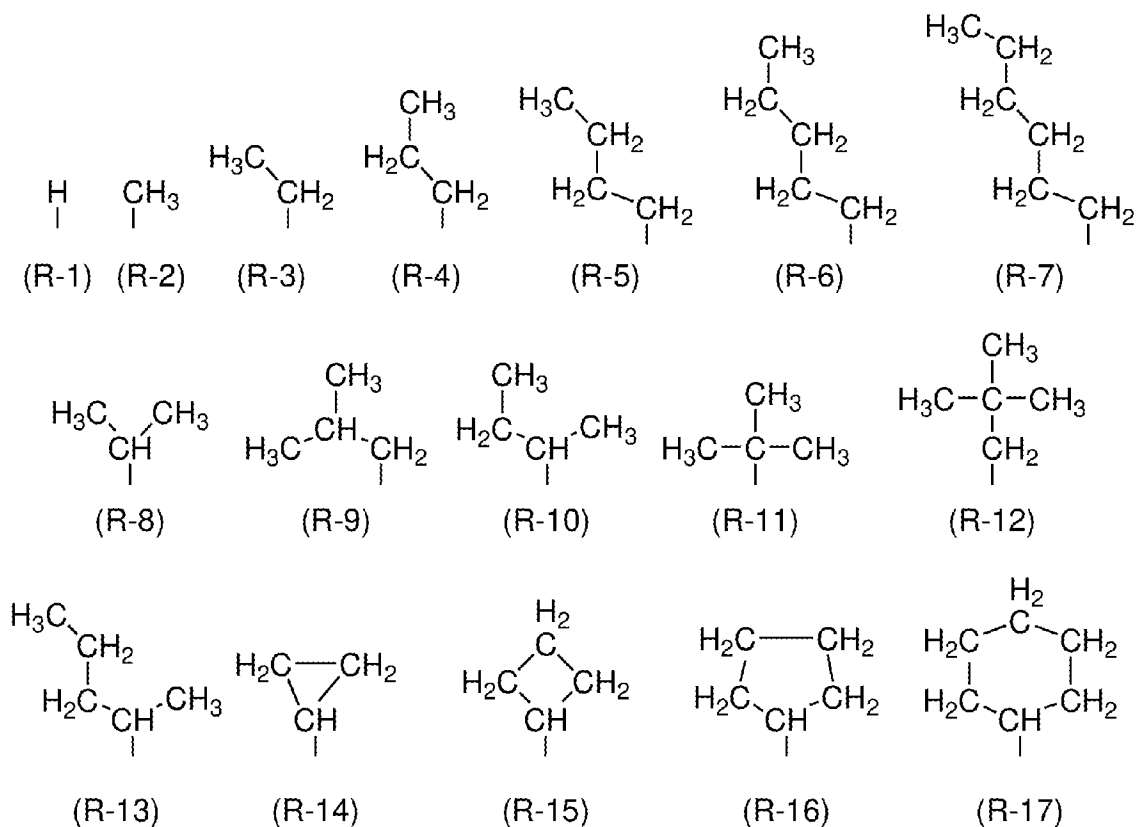
[0066]

また、本明細書中において、炭素数1乃至炭素数6のアルキル基としては、具体的にはメチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、ブチル基、tert-ブチル基、ペンチル基、およびヘキシル基などを挙げることができる。炭素数3乃至炭素数7の環状アルキル基としては、シクロブ

ロピル基、シクロブチル基、シクロペンチル基、シクロヘキシル基、1-メチルシクロヘキシル基、2,6-ジメチルシクロヘキシル基、シクロヘプチル基、およびシクロオクチル基などを挙げるることができる。炭素数6乃至炭素数13のアリール基としては、フェニル基、ナフチル基、ビフェニル基、およびフルオレニル基などを挙げるることができる。炭素数1乃至炭素数6のアルキル基、炭素数3乃至炭素数7の環状アルキル基、炭素数6乃至炭素数13のアリール基としては、下記構造式(R-2)乃至(R-32)で表される基が好ましい。

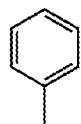
[0067]

[化11]

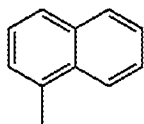


[0068]

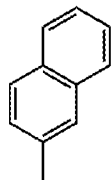
[化12]



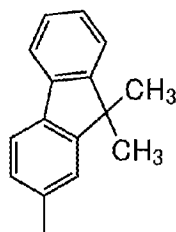
(R-18)



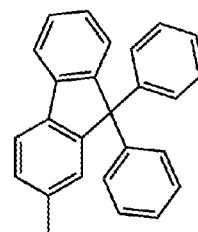
(R-19)



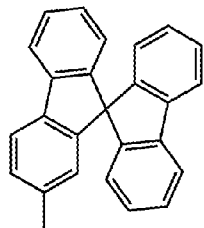
(R-20)



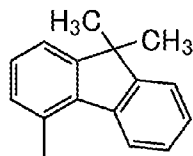
(R-21)



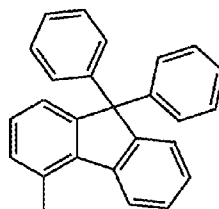
(R-22)



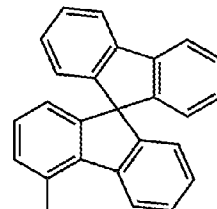
(R-23)



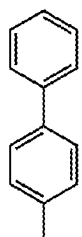
(R-24)



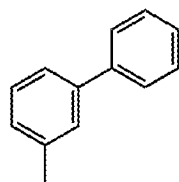
(R-25)



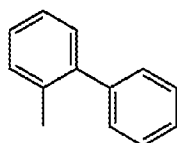
(R-26)



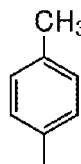
(R-27)



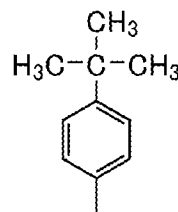
(R-28)



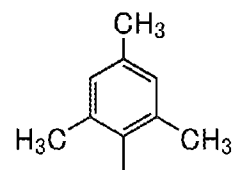
(R-29)



(R-30)



(R-31)



(R-32)

[0069]

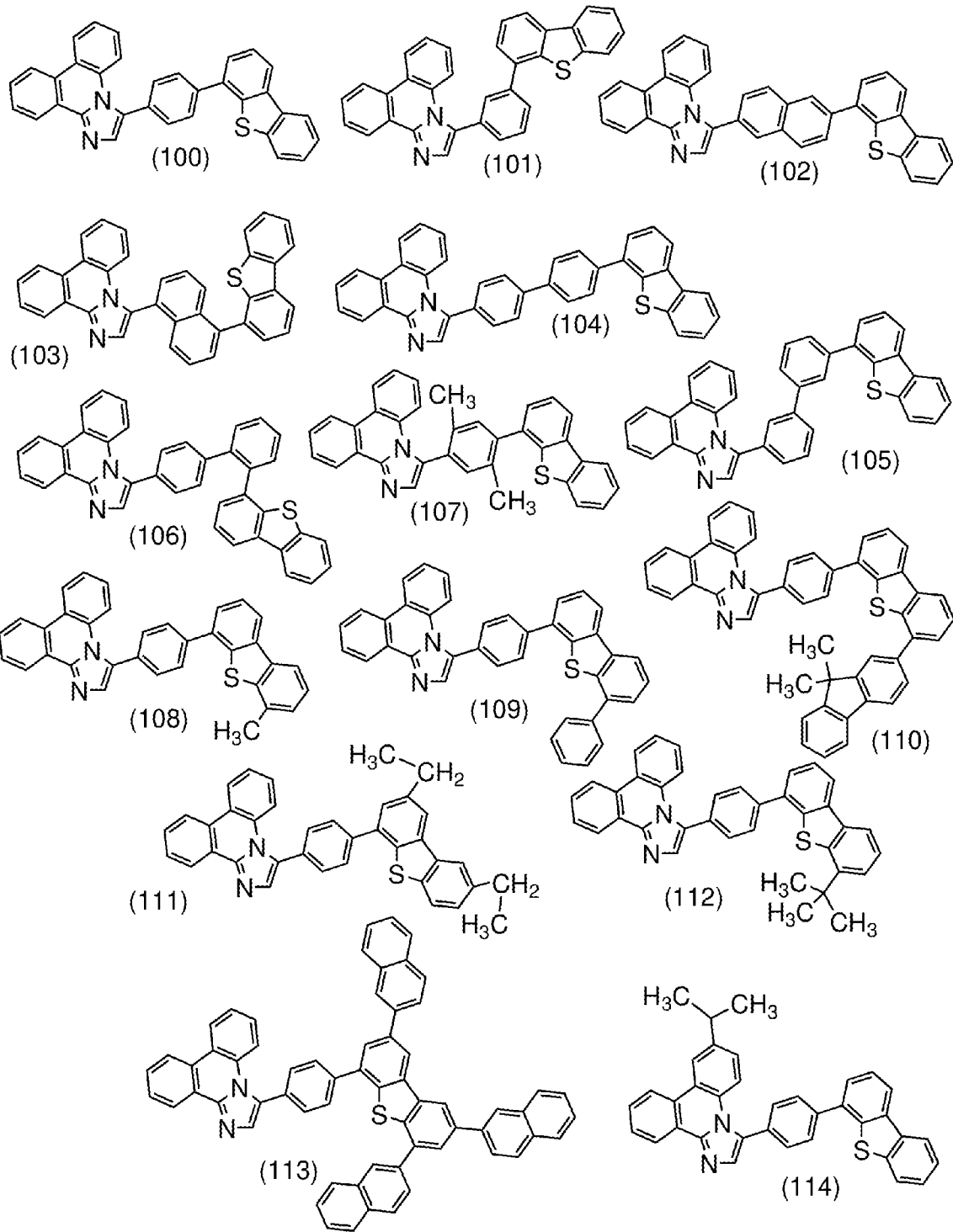
以上のような構成を有する本発明の一態様の有機化合物は、発光デバイスに用いることで、発光効率の良好な発光デバイスを提供することが可能となる。また、寿命の良好な発光デバイスを提供することが可能となる。また、本発明の一態様の有機化合物は、キャリア輸送層用材料、ホスト用材料として好適に用いることができる有機化合物である。

[0070]

上記構成を有する有機化合物の具体的な例を以下に示す。

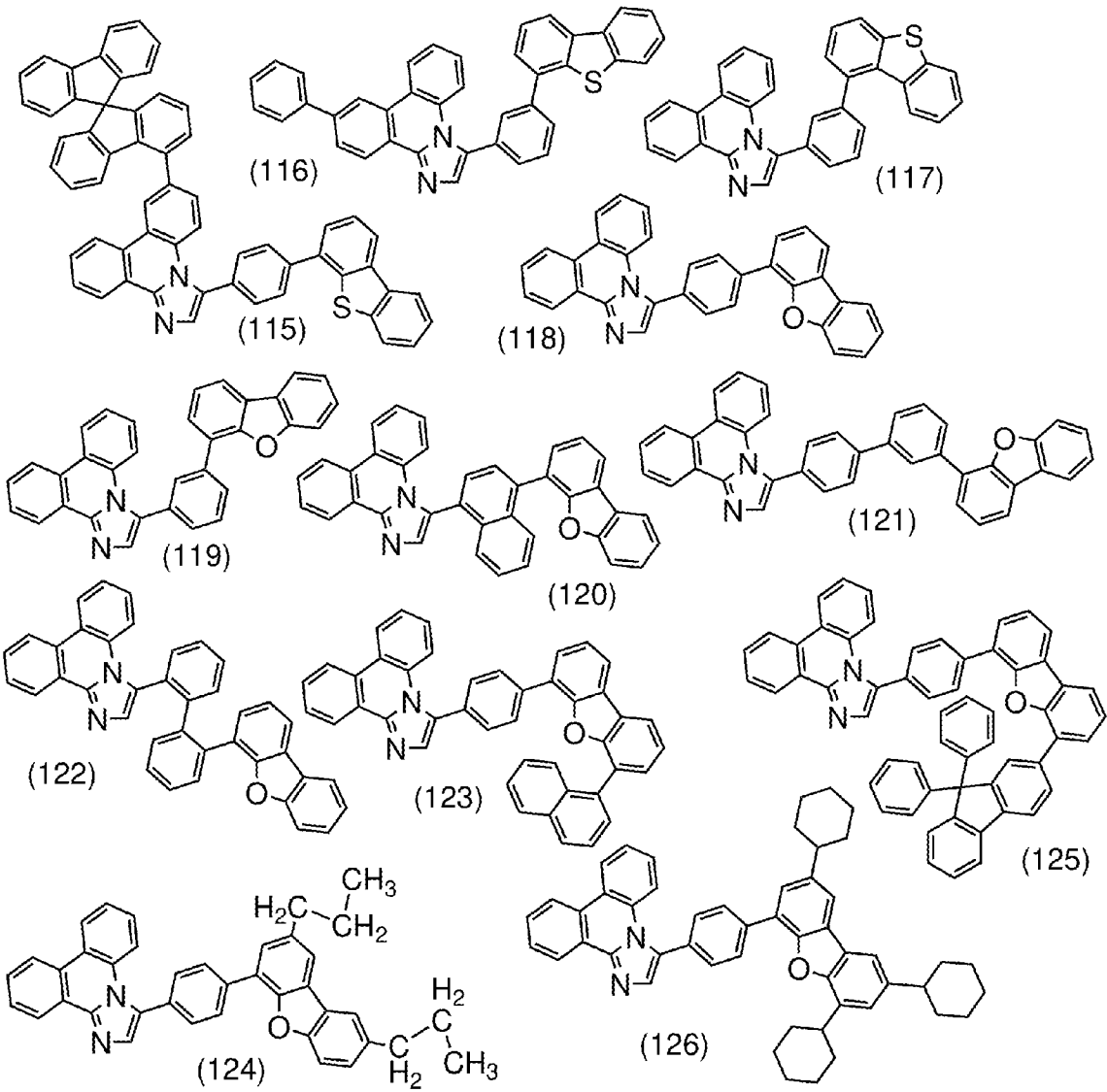
[0071]

[化13]



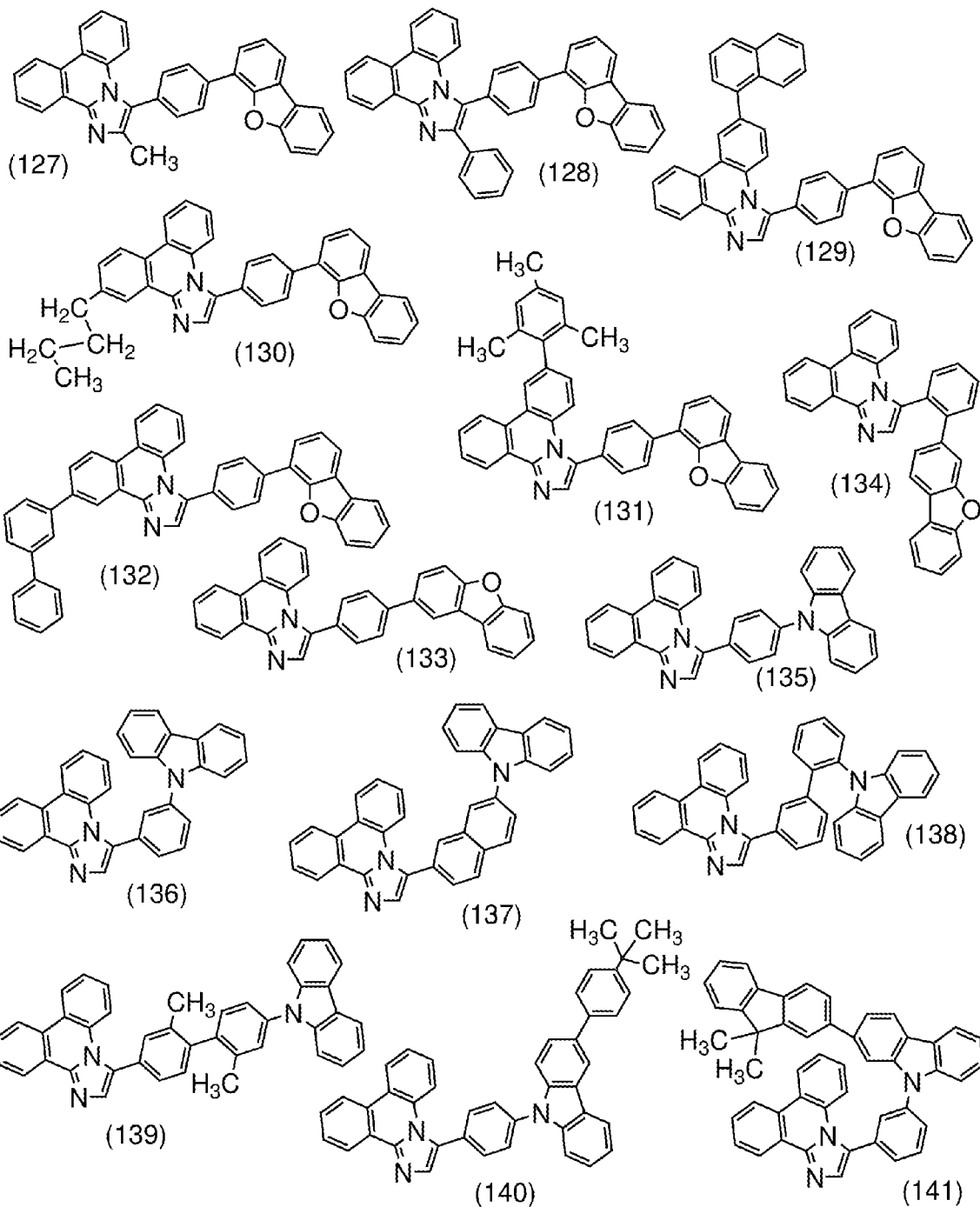
[0072]

[化14]



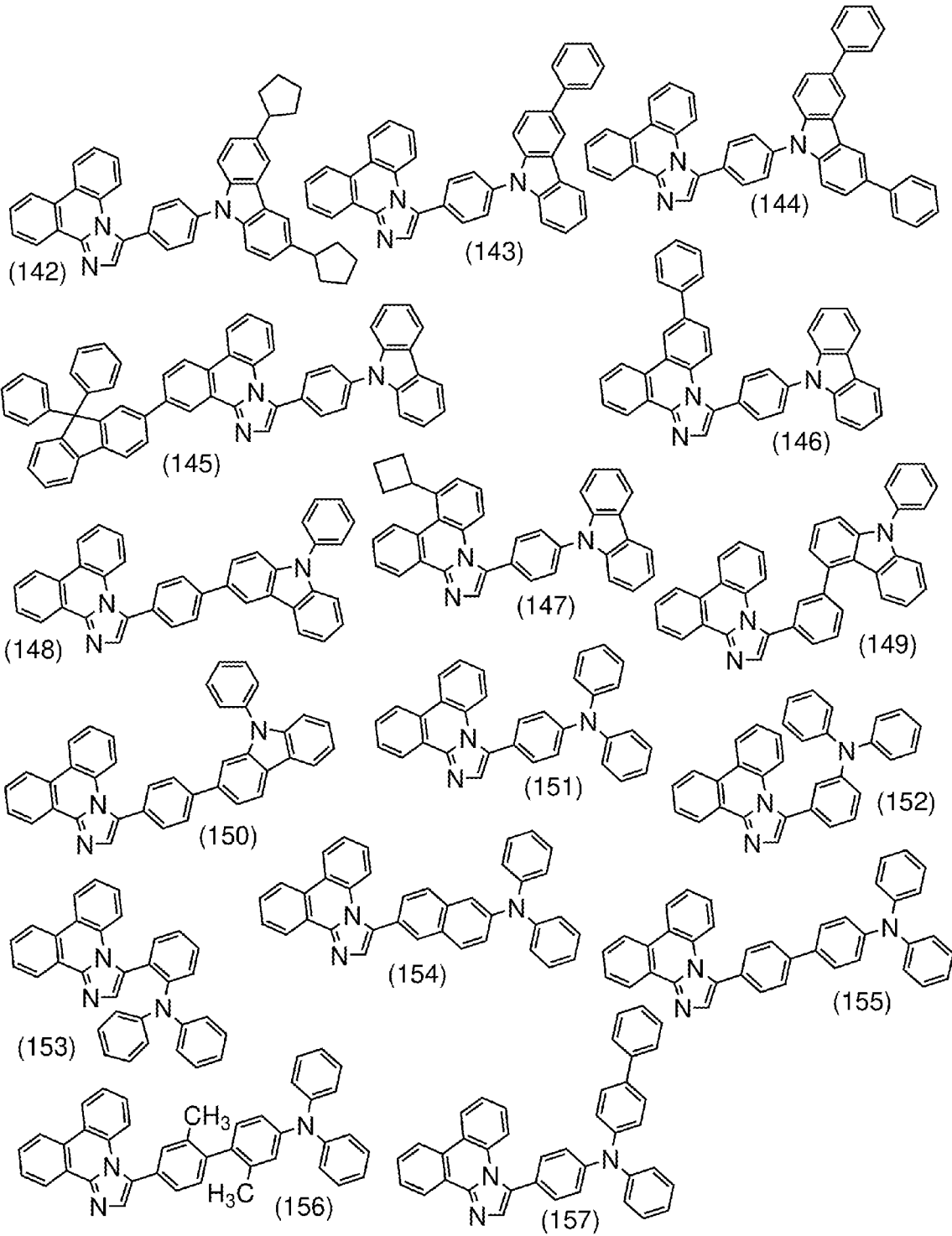
[0073]

[化15]



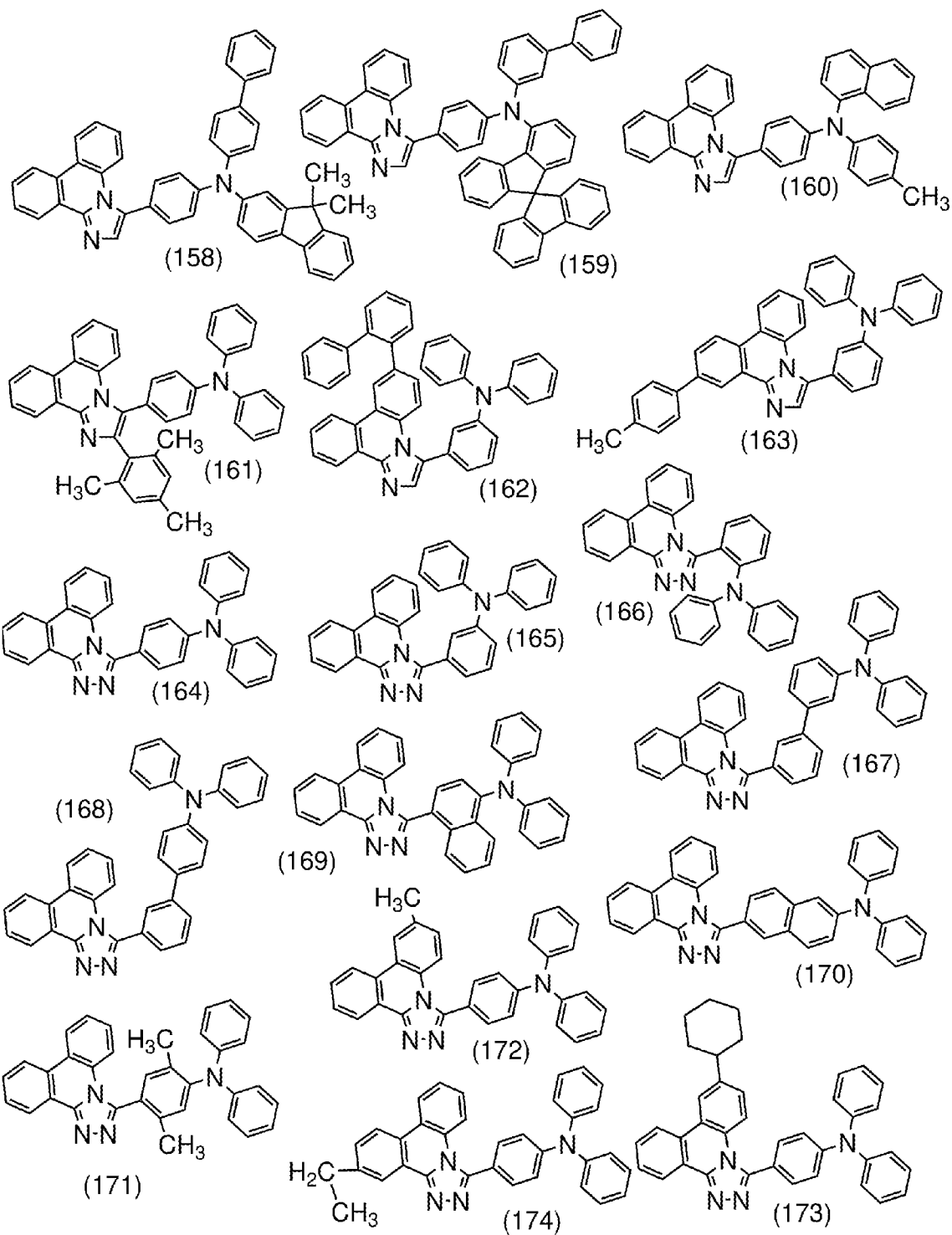
[0074]

[化16]



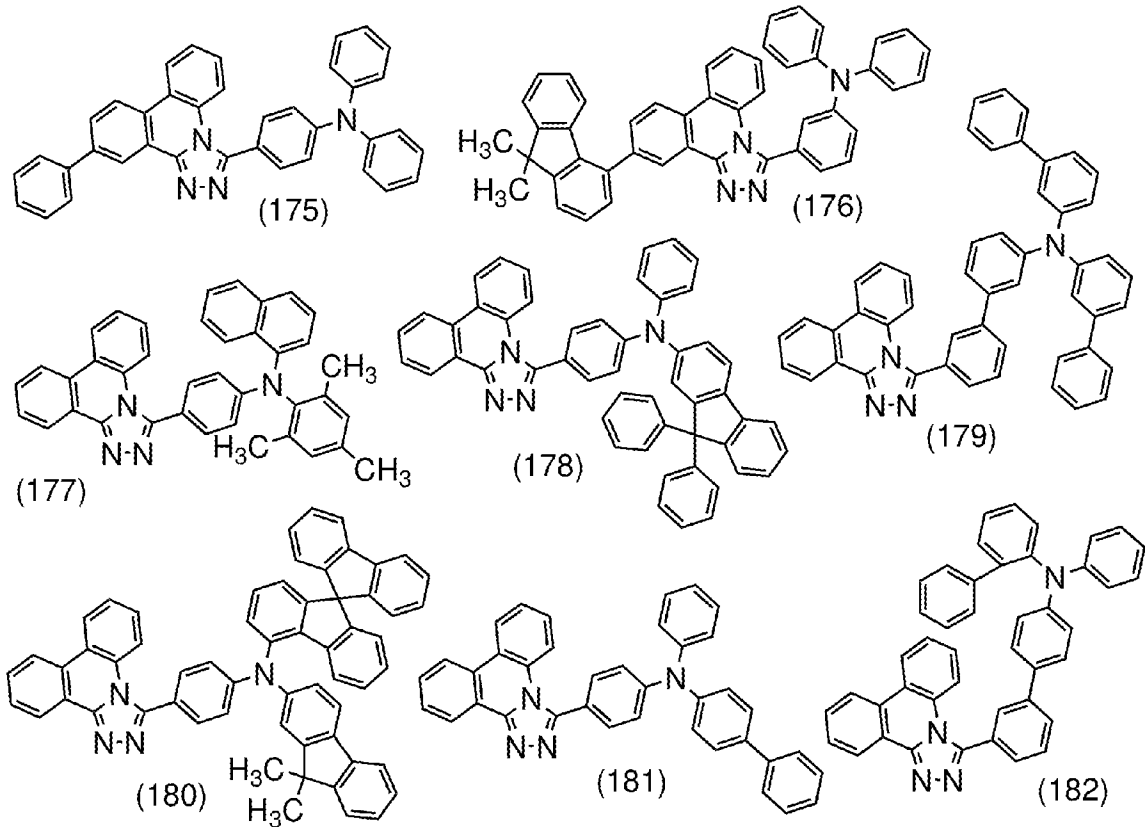
[0075]

[化17]



[0076]

[化18]



[0077]

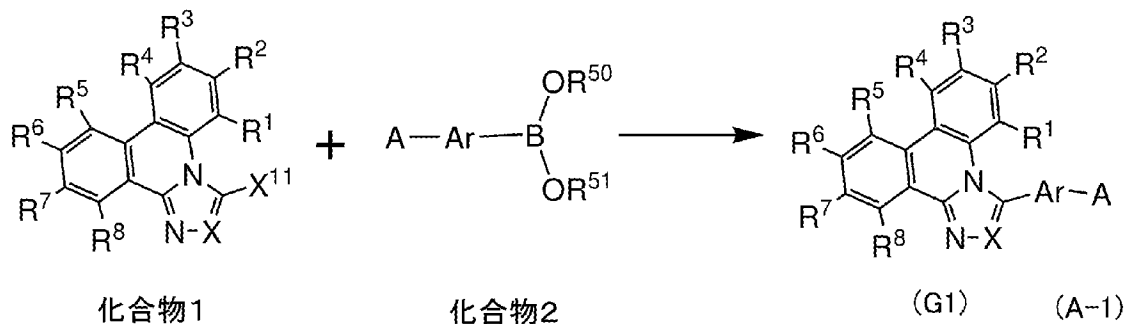
続いて、本発明の一態様の有機化合物の合成方法について例示する。

[0078]

上記一般式 (G1) で表される本発明の一態様の有機化合物は、合成スキーム (A-1) に示すように、1, 2, 4-トリアゾロ [4, 3-f] フェナントリジン誘導体又はイミダゾ [1, 2-f] フェナントリジン誘導体のハロゲン化物又はトリフラーテ置換体 (化合物1) と、カルバゾリル基、ジベンゾチオフェニル基、ジベンゾフラニル基又はジアリールアミノ基を有するアリール基の有機ボロン化合物又はボロン酸 (化合物2) を、鈴木・宮浦反応によりカップリングさせることで得ることができる。

[0079]

[化19]



[0080]

合成スキーム (A-1) において、Xは窒素または炭素を表す。なお、Xが炭素である場合、当該炭素は置換基を有していてもよい。Arは、置換又は無置換の炭素数6乃至炭素数12のアリーレン基を表す。R¹乃至R⁸は、それぞれ独立に水素、炭素数1乃至炭素数6のアルキル基、炭素数3

乃至炭素数7の環状アルキル基、置換又は無置換の炭素数6乃至炭素数1-3のアリール基のいずれかを表す。Aは、XがNの時に置換又は無置換のジアリールアミノ基を表し、Xが炭素の時は、置換もしくは無置換のカルバゾリル基、置換もしくは無置換のジベンゾチオフェニル基、置換もしくは無置換のジベンゾフラニル基、又は置換もしくは無置換のジアリールアミノ基を表す。合成スキーム(A-1)においてR⁵⁰およびR⁵¹は、それぞれ独立に水素、炭素数1乃至炭素数6のアルキル基のいずれかを表し、R⁵⁰とR⁵¹は互いに結合して環を形成していてもよい。また、X¹¹はハロゲン又はトリフラート基を表す。

[0081]

合成スキーム(A-1)で表される反応を鈴木・宮浦反応によって行う場合、パラジウム触媒を用いることが好ましく、当該パラジウム触媒としては、酢酸パラジウム(I I)、テトラキス(トリフェニルホスフィン)パラジウム(0)、およびビス(トリフェニルホスフィン)パラジウム(I I)ジクロライド等が挙げられるが、本反応を行うにあたって有効な他の触媒を用いてもよい。上記合成において、用いることができるパラジウム触媒の配位子としては、トリ(オルトトリル)ホスフィン、トリフェニルホスフィン、およびトリシクロヘキシルホスフィン等が挙げられる。なお、他の本反応に有効なパラジウム触媒の配位子を用いてもよい。

[0082]

上記合成スキーム(A-1)の反応には塩基を用いることが好ましい。当該反応に用いることができる塩基としては、ナトリウム tert-ブトキシドに代表される有機塩基、炭酸カリウム、炭酸ナトリウムに代表される無機塩基等が挙げられるが、他の塩基を用いることもできる。

[0083]

合成スキーム(A-1)で表される反応は、溶媒を用いて行うことが好ましい。当該反応において、用いることができる溶媒としては、トルエンと水の混合溶媒、トルエンとエタノールに代表されるアルコールと水の混合溶媒、キシレンと水の混合溶媒、キシレンとエタノールに代表されるアルコールと水の混合溶媒、ベンゼンと水の混合溶媒、ベンゼンとエタノールに代表されるアルコールと水の混合溶媒、およびエチレングリコールジメチルエーテルに代表されるエーテル類と水の混合溶媒などが挙げられる。なお、トルエンと水、又はトルエンとエタノールと水の混合溶媒、エチレングリコールジメチルエーテル等のエーテル類と水の混合溶媒がより好ましい。また、本反応に有効な他の溶媒を用いてもよい。

[0084]

上記合成スキーム(A-1)で表される鈴木・宮浦カップリング反応は、化合物2として有機ホウ素化合物、又はボロン酸を用いてクロスカップリング反応を行っているが、これら以外に、有機アルミニウム、有機ジルコニウム、有機亜鉛、および有機スズ化合物等を用いてクロスカップリング反応を行ってもよい。

[0085]

また、合成スキーム(A-1)に示す合成スキームにおいては、1, 2, 4-トリアゾロ[4, 3-f]フェナントリジン誘導体又はイミダゾ[1, 2-f]フェナントリジン誘導体のハロゲン化物、又はトリフラート置換体(化合物1)と、カルバゾリル基、ジベンゾチオフェニル基、ジベンゾフラニル基又はジアリールアミノ基を有するアリール基の有機ホウ素化合物又はボロン酸(化合物2)を反応させているが、1, 2, 4-トリアゾロ[4, 3-f]フェナントリジン誘導体又はイミダゾ[1, 2-f]フェナントリジン誘導体の有機ホウ素化合物又はボロン酸と、カルバゾリ

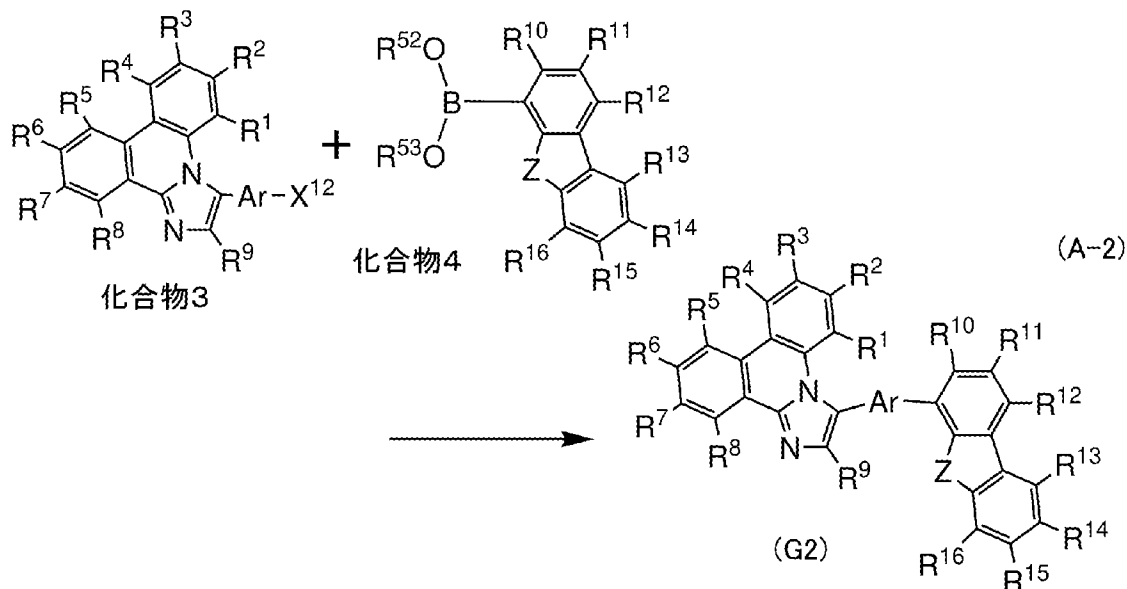
ル基、ジベンゾチオフェニル基、ジベンゾフラニル基又はジアリールアミノ基を有するアリール基のハロゲン化物、又はトリフラート置換体を反応させてもよい。

[0086]

下記一般式 (G2) で表される本発明の一態様の有機化合物は、合成スキーム (A-2) に示すように、イミダゾ [1, 2-f] フェナントリジン誘導体のハロゲン化物、又はトリフラート置換体 (化合物3) と、ジベンゾチオフェニル基、又はジベンゾフラニル基の有機ボロン化合物、又はボロン酸 (化合物4) を、鈴木・宮浦反応によりカップリングさせることで得ることができる。

[0087]

[化20]



[0088]

合成スキーム (A-2) において、Zは酸素又は硫黄を表す。Arは置換又は無置換の炭素数6乃至炭素数12のアリーレン基を表す。R¹乃至R⁹は、それぞれ独立に水素、炭素数1乃至炭素数6のアルキル基、炭素数3乃至炭素数7の環状アルキル基、置換又は無置換の炭素数6乃至炭素数13のアリール基のいずれかを表す。R¹⁰乃至R¹⁶は、それぞれ独立に水素、炭素数1乃至炭素数6までアルキル基、炭素数3乃至炭素数7の環状アルキル基、置換又は無置換の炭素数6乃至炭素数13のアリール基のいずれかを表す。合成スキーム (A-2) においてR⁵²およびR⁵³は、各々独立に、水素、炭素数1乃至炭素数6のアルキル基のいずれかを表し、R⁵²とR⁵³は互いに結合して環を形成していてもよい。また、X¹²はハロゲン、又はトリフラート基を表す。

[0089]

合成スキーム (A-2) を鈴木・宮浦反応にて行う場合、パラジウム触媒を用いることが好ましく、当該パラジウム触媒としては、酢酸パラジウム (I I)、テトラキス (トリフェニルホスフィン) パラジウム (0)、およびビス (トリフェニルホスフィン) パラジウム (I I) ジクロライド等が挙げられるが、本反応を行うにあたって有効な他の触媒を用いてもよい。上記合成において、用いることができるパラジウム触媒の配位子としては、トリ (オルトートリル) ホスフィン、トリフェニルホスフィン、およびトリシクロヘキシルホスフィン等が挙げられる。なお、本反応を行うにあたって有効な他のパラジウム触媒の配位子を用いてもよい。

[0090]

上記合成スキーム（A-2）で表される反応には、塩基を用いることが好ましい。当該反応に用いることができる塩基としては、ナトリウム tert-ブトキシドに代表される有機塩基、炭酸カリウム、炭酸ナトリウムに代表される無機塩基等が挙げられるが、他の塩基を用いてもよい。

[0091]

合成スキーム（A-2）で表される反応は、溶媒を用いて行うことが好ましい。当該反応において、用いることができる溶媒としては、トルエンと水の混合溶媒、トルエンとエタノールに代表されるアルコールと水の混合溶媒、キシレンと水の混合溶媒、キシレンとエタノールに代表されるアルコールと水の混合溶媒、ベンゼンと水の混合溶媒、ベンゼンとエタノールに代表されるアルコールと水の混合溶媒、およびエチレングリコールジメチルエーテルに代表されるエーテル類と水の混合溶媒などが挙げられる。なお、トルエンと水、又はトルエンとエタノールと水の混合溶媒、エチレングリコールジメチルエーテルに代表されるエーテル類と水の混合溶媒がより好ましい。また、本反応に有効な他の溶媒を用いてもよい。

[0092]

上記合成スキーム（A-2）で表される鈴木・宮浦カップリング反応は、化合物4として有機ホウ素化合物、又はボロン酸を用いてクロスカップリング反応を行っているが、これら以外に、有機アルミニウム、有機ジルコニウム、有機亜鉛、および有機スズ化合物等を用いてクロスカップリング反応を行ってもよい。

[0093]

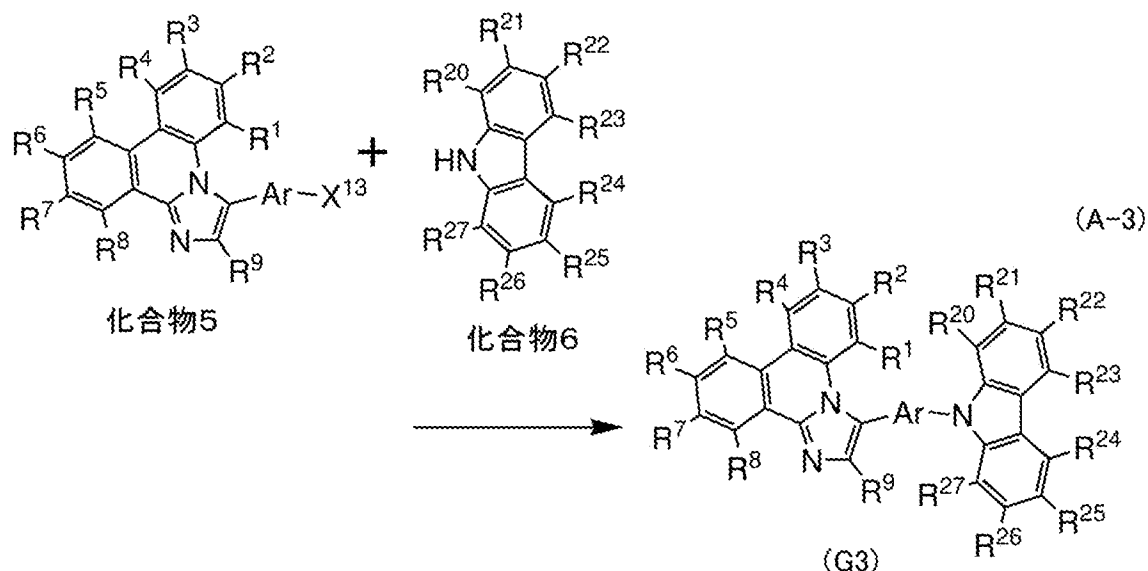
また、合成スキーム（A-2）に示す合成スキームにおいては、イミダゾ [1, 2-f] フェナントリジン誘導体のハロゲン化物、又はトリフラート置換体（化合物3）と、ジベンゾチオフェニル基もしくはジベンゾフラニル基の有機ホウ素化合物又はボロン酸（化合物4）を反応させているが、イミダゾ [1, 2-f] フェナントリジン誘導体の有機ホウ素化合物又はボロン酸と、ジベンゾチオフェニル基もしくはジベンゾフラニル基のハロゲン化物、又はトリフラート置換体を反応させてもよい。

[0094]

下記一般式（G3）で表される本発明の一態様の有機化合物は、合成スキーム（A-3）に示すように、イミダゾ [1, 2-f] フェナントリジン誘導体のハロゲン化物、又はトリフラート置換体（化合物5）と、カルバゾール誘導体（化合物6）を、ハートウィック・ブッフバルト反応によりカップリングさせることで得ることができる。

[0095]

[化21]



[0096]

合成スキーム (A-3) において、Ar は置換又は無置換の炭素数 6 乃至炭素数 12 のアリーレン基を表す。R¹ 乃至 R⁹ は、それぞれ独立に水素、炭素数 1 乃至炭素数 6 のアルキル基、炭素数 3 乃至炭素数 7 の環状アルキル基、置換又は無置換の炭素数 6 乃至炭素数 13 のアリール基のいずれかを表す。R²⁰ 乃至 R²⁷ は、それぞれ独立に水素、炭素数 1 乃至炭素数 6 のアルキル基、炭素数 3 乃至炭素数 7 の環状アルキル基、置換又は無置換の炭素数 6 乃至炭素数 13 のアリール基のいずれかを表す。また、X¹³ はハロゲン、又はトリフラート基を表す。

[0097]

合成スキーム (A-3) で表される反応をハートウィック・ブッフバルト反応によって行う場合、パラジウム触媒を用いることが好ましく、当該パラジウム触媒としては、ビス (ジベンジリデンアセトン) パラジウム (0)、および酢酸パラジウム (II) 等が挙げられる。また、上記合成において、用いることができるパラジウム触媒の配位子としては、トリ (tert-ブチル) ホスフィン、トリ (n-ヘキシル) ホスフィン、およびトリシクロヘキシルホスフィン等が挙げられる。

[0098]

合成スキーム (A-3) で表される反応には塩基を用いることが好ましい。当該反応に用いることができる塩基としては、ナトリウム tert-ブトキシドに代表される有機塩基、炭酸カリウムに代表される無機塩基等が挙げられる。

[0099]

また、合成スキーム (A-3) で表される反応は、溶媒を用いて行うことが好ましい。当該反応において用いることができる溶媒としては、トルエン、キシレン、ベンゼン、およびテトラヒドロフラン等が挙げられる。

[0100]

なお、合成スキーム (A-3) で表される反応は、ハートウィック・ブッフバルト反応以外にも、ウルマン反応に代表される他の反応機構を用いてもよい。

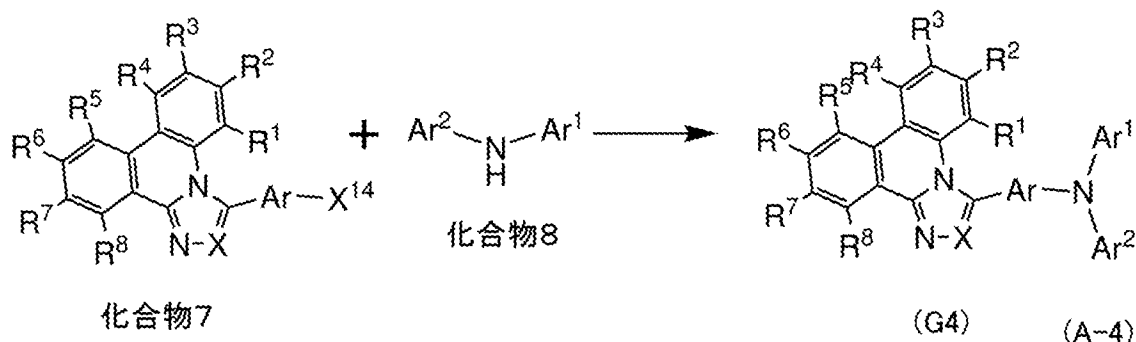
[0101]

下記一般式 (G4) で表される本発明の一態様の有機化合物は、合成スキーム (A-4) に示すように、1, 2, 4-トリアゾロ [4, 3-f] フェナントリジン誘導体又はイミダゾ [1, 2-f]

フェナントリジン誘導体のハロゲン化物、又はトリフラート置換体（化合物7）と、ジアリールアミン誘導体（化合物8）を、ハートウィック・ブッフバルト反応によりカップリングさせることで得ることができる。

[0102]

[化22]



[0103]

合成スキーム（A-4）において、Xは、窒素又は炭素のいずれかを表す。なお、Xが炭素である場合、Xは置換基を有していてもよい。Arは置換又は無置換の炭素数6乃至炭素数12のアリール基を表す。Ar¹およびAr²はそれぞれ独立に、置換又は無置換の炭素数6乃至炭素数13のアリール基のいずれかを表す。R¹乃至R⁸は、それぞれ独立に水素、炭素数1乃至炭素数6のアルキル基、炭素数3乃至炭素数7の環状アルキル基、置換又は無置換の炭素数6乃至炭素数13のアリール基のいずれかを表す。また、X¹⁴はハロゲン、又はトリフラート基を表す。

[0104]

合成スキーム（A-4）で表される反応を、ハートウィック・ブッフバルト反応によって行う場合、パラジウム触媒を用いることが好ましく、当該パラジウム触媒としては、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）等が挙げられる。また、上記合成において、用いることができるパラジウム触媒の配位子としては、トリ（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等が挙げられる。

[0105]

合成スキーム（A-4）で表される反応には塩基を用いることが好ましい。当該反応において、用いることができる塩基としては、ナトリウム tert-ブトキシドに代表される有機塩基、炭酸カリウムに代表される無機塩基等が挙げられる。

[0106]

また、合成スキーム（A-4）で表される反応は、溶媒を用いて行うことが好ましい。当該反応において、用いることができる溶媒としては、トルエン、キシレン、ベンゼン、テトラヒドロフラン等が挙げられる。

[0107]

なお、合成スキーム（A-4）で表される反応は、ハートウィック・ブッフバルト反応以外にも、ウルマン反応に代表される他の反応機構を用いても良い。

[0108]

なお、本実施の形態に示す化合物は、他の実施の形態に示した構成と適宜組み合わせ用いることができる。

[0109]

(実施の形態2)

本実施の形態では、本発明の一態様の発光デバイスについて説明する。

[0110]

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

[0111]

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

[0112]

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

[0113]

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

[0114]

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

[0115]

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

[0116]

第1の電極101は、仕事関数の大きい（具体的には4.0eV以上）金属、合金、導電性化合物、およびこれらの混合物などを用いて形成することが好ましい。具体的には、例えば、酸化インジウム-酸化スズ（ITO: Indium Tin Oxide）、ケイ素若しくは酸化ケイ素を含有した酸化インジウム-酸化スズ、酸化インジウム-酸化亜鉛、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム（IWZO）等が挙げられる。これらの導電性金属酸化物膜は、通常スパッタリング法により成膜されるが、ゾルーゲル法などを応用して作製しても構わない。作製方法の例としては、酸化インジウム-酸化亜鉛は、酸化インジウムに対し1~20wt%の酸化亜鉛を加えたターゲットを用いてスパッタリング法により形成する方法などがある。また、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム（IWZO）は、酸化インジウムに対し酸化タングステン

を0.5～5wt%、酸化亜鉛を0.1～1wt%含有したターゲットを用いてスパッタリング法により形成することもできる。この他、金(Au)、白金(Pt)、ニッケル(Ni)、タングステン(W)、クロム(Cr)、モリブデン(Mo)、鉄(Fe)、コバルト(Co)、銅(Cu)、パラジウム(Pd)、または金属材料の窒化物(例えば、窒化チタン)等が挙げられる。グラフェンも用いることができる。なお、後述する複合材料をEL層103における第1の電極101と接する層に用いることで、仕事関数に関わらず、電極材料を選択することができるようになる。

[0117]

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

[0118]

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

[0119]

アクセプタ性を有する物質としては、電子吸引基(ハロゲン基、およびシアノ基など)を有する化合物を用いることができ、7,7,8,8-テトラシアノー-2,3,5,6-テトラフルオロキノジメタン(略称:F₄-TCNQ)、クロラニル、2,3,6,7,10,11-ヘキサシアノー-1,4,5,8,9,12-ヘキサアザトリフェニレン(略称:HAT-CN)、1,3,4,5,7,8-ヘキサフルオロテトラシアノー-ナフトキノジメタン(略称:F₆-TCNNQ)、2-(7-ジシアノメチレン-1,3,4,5,6,8,9,10-オクタフルオロ-7H-ピレン-2-イリデン)マロノニトリル等を挙げることができる。特に、HAT-CNのように複素原子を複数有する縮合芳香環に電子吸引基が結合している化合物が、熱的に安定であり好ましい。また、電子吸引基(特にフルオロ基のようなハロゲン基、およびシアノ基など)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ドントリス[4-シアノー-2,3,5,6-テトラフルオロベンゼンアセトニトリル]、 α , α' , α'' -1,2,3-シクロプロパントリイリドントリス[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]、および α , α' , α'' -1,2,3-シクロプロパントリイリドントリス[2,3,4,5,6-ペンタフルオロベンゼンアセトニトリル]などが挙げられる。アクセプタ性を有する物質としては以上で述べた有機化合物以外にも、モリブデン酸化物、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、マンガン酸化物に代表される遷移金属の酸化物を用いることができる。この他、フタロシアニン(略称:H₂Pc)、銅フタロシアニン(CuPc)に代表されるフタロシアニン系の錯体化合物、4,4'-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:DPAB)、N,N'-ビス{4-[ビス(3-メチルフェニル)アミノ]フェニル}-N,N'-ジフェニル-(1,1'-ビフェニル)-4,4'-ジアミン(略称:DNTPD)に代表される芳香族アミン化合物、或いはポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン)/ポ

リ（スチレンスルホン酸）（PEDOT/PSS）に代表される高分子等によっても正孔注入層111を形成することができる。アクセプタ性を有する物質は、隣接する正孔輸送層（あるいは正孔輸送材料）から、電界の印加により電子を引き抜くことができる。

[0120]

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

[0121]

複合材料に用いる正孔輸送性を有する材料としては、芳香族アミン化合物、カルバゾール誘導体、芳香族炭化水素、および高分子化合物（オリゴマー、 dendrimer、ポリマー）など、種々の有機化合物を用いることができる。なお、複合材料に用いる正孔輸送性を有する材料としては、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質であることが好ましい。以下では、複合材料における正孔輸送性を有する材料として用いることのできる有機化合物を具体的に列挙する。

[0122]

複合材料に用いることのできる芳香族アミン化合物としては、N, N'-ジ(p-トリル)-N, N'-ジフェニル-p-フェニレンジアミン（略称：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）等を挙げる事ができる。カルバゾール誘導体としては、具体的には、3-[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：PCzPCA1）、3, 6-ビス[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：PCzPCA2）、3-[N-(1-ナフチル)-N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)アミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：PCzPCN1）、4, 4'-ジ(N-カルバゾリル)ビフェニル（略称：CBP）、1, 3, 5-トリス[4-(N-カルバゾリル)フェニル]ベンゼン（略称：TCPB）、9-[4-(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）、1, 4-ビス[4-(N-カルバゾリル)フェニル]-2, 3, 5, 6-テトラフェニルベンゼン等を用いることができる。芳香族炭化水素としては、例えば、2-tert-ブチル-9, 10-ジ(2-ナフチル)アントラセン（略称：t-BuDNA）、2-tert-ブチル-9, 10-ジ(1-ナフチル)アントラセン、9, 10-ビス(3, 5-ジフェニルフェニル)アントラセン（略称：DPPA）、2-tert-ブチル-9, 10-ビス(4-フェニルフェニル)アントラセン（略称：t-BuDBA）、9, 10-ジ(2-ナフチル)アントラセン（略称：DNA）、9, 10-ジフェニルアントラセン（略称：DPAnth）、2-tert-ブチルアントラセン（略称：t-BuAnth）、9, 10-ビス(4-メチル-1-ナフチル)アントラセン（略称：DMNA）、2-tert-ブチル-9, 10-ビス[2-(1-ナフチル)フェニル]アントラセン、9, 10-ビス[2-(1-ナフチル)フェニル]アントラセン、2, 3, 6, 7-テトラメチル-9, 10-ジ(1-ナフ

チル)アントラセン、2, 3, 6, 7-テトラメチル-9, 10-ジ(2-ナフチル)アントラセン、9, 9'-ビアントリル、10, 10'-ジフェニル-9, 9'-ビアントリル、10, 10'-ビス(2-フェニルフェニル)-9, 9'-ビアントリル、10, 10'-ビス[(2, 3, 4, 5, 6-ペンタフェニル)フェニル]-9, 9'-ビアントリル、アントラセン、テトラセン、ルブレン、ペリレン、2, 5, 8, 11-テトラ(tert-ブチル)ペリレン等が挙げられる。また、この他、ペンタセン、コロネン等も用いることができる。ビニル骨格を有していてもよい。ビニル基を有している芳香族炭化水素としては、例えば、4, 4'-ビス(2, 2-ジフェニルビニル)ビフェニル(略称:DPVBi)、9, 10-ビス[4-(2, 2-ジフェニルビニル)フェニル]アントラセン(略称:DPVPA)等が挙げられる。

[0123]

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

[0124]

複合材料に用いられる正孔輸送性を有する材料としては、カルバゾール骨格、ジベンゾフラン骨格、ジベンゾチオフェン骨格およびアントラセン骨格のいずれかを有していることがより好ましい。特に、ジベンゾフラン環またはジベンゾチオフェン環を含む置換基を有する芳香族アミン、ナフタレン環を有する芳香族モノアミン、または9-フルオレニル基がアリーレン基を介してアミンの窒素に結合する芳香族モノアミンであっても良い。なお、これら第2の有機化合物が、N, N'-ビス(4-ビフェニル)アミノ基を有する物質であると、寿命の良好な発光デバイスを作製することができるため好ましい。以上のような第2の有機化合物としては、具体的には、N-(4-ビフェニル)-6, N-ジフェニルベンゾ[b]ナフト[1, 2-d]フラン-8-アミン(略称:BnfABP)、N, N'-ビス(4-ビフェニル)-6-フェニルベンゾ[b]ナフト[1, 2-d]フラン-8-アミン(略称:BBABnf)、4, 4'-ビス(6-フェニルベンゾ[b]ナフト[1, 2-d]フラン-8-イル)-4''-フェニルトリフェニルアミン(略称:BnfBB1BP)、N, N'-ビス(4-ビフェニル)ベンゾ[b]ナフト[1, 2-d]フラン-6-アミン(略称:BBABnf(6))、N, N'-ビス(4-ビフェニル)ベンゾ[b]ナフト[1, 2-d]フラン-8-アミン(略称:BBABnf(8))、N, N'-ビス(4-ビフェニル)ベンゾ[b]ナフト[2, 3-d]フラン-4-アミン(略称:BBABnf(II)(4))、N, N'-ビス[4-(ジベンゾフラン-4-イル)フェニル]-4-アミノ-p-ターフェニル(略称:DBfBB1TP)、N-[4-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-N-フェニル-4-ビフェニルアミン(略称:ThBA1BP)、4-(2-ナフチル)-4', 4''-ジフェニルトリフェニルアミン(略称:BBABNB)、4-[4-(2-ナフチル)フェニル]-4', 4''-ジフェニルトリフェニルアミン(略称:BBABNBi)、4, 4'-ジフェニル-4''-(6; 1'-ビナフチル-2-イル)トリフェニルアミン(略称:BBAA α N β NB)、4, 4'-ジフェニル-4''-(7; 1'-ビナフチル-2-イル)トリフェニルアミン(略称:BBAA α N β NB-03)、4, 4'-ジフェニル-4''-(7-フェニル)ナフチル-2-イルトリフェニルアミン(略称:BBAP β NB-03)、4, 4'-ジフェニル-4''-(6; 2'-

ビナフチル-2-イル) トリフェニルアミン (略称: BBA (β N2) B)、4, 4'-ジフェニル-4''-(7; 2'-ビナフチル-2-イル) トリフェニルアミン (略称: BBA (β N2) B-03)、4, 4'-ジフェニル-4''-(4; 2'-ビナフチル-1-イル) トリフェニルアミン (略称: BBA β N α NB)、4, 4'-ジフェニル-4''-(5; 2'-ビナフチル-1-イル) トリフェニルアミン (略称: BBA β N α NB-02)、4-(4-ビフェニル)-4''-(2-ナフチル)-4''-フェニルトリフェニルアミン (略称: TPBiA β NB)、4-(3-ビフェニル)-4''-[4-(2-ナフチル) フェニル]-4''-フェニルトリフェニルアミン (略称: mTPBiA β NBi)、4-(4-ビフェニル)-4''-[4-(2-ナフチル) フェニル]-4''-フェニルトリフェニルアミン (略称: TPBiA β NBi)、4-フェニル-4''-(1-ナフチル) トリフェニルアミン (略称: α NBA1BP)、4, 4'-ビス(1-ナフチル) トリフェニルアミン (略称: α NBB1BP)、4, 4'-ジフェニル-4''-[4''-(カルバゾール-9-イル) ビフェニル-4-イル] トリフェニルアミン (略称: YGTBi1BP)、4''-[4-(3-フェニル-9H-カルバゾール-9-イル) フェニル] トリス(1, 1'-ビフェニル-4-イル) アミン (略称: YGTBi1BP-02)、4-[4''-(カルバゾール-9-イル) ビフェニル-4-イル]-4''-(2-ナフチル)-4''-フェニルトリフェニルアミン (略称: YGTBi β NB)、N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル) フェニル]-N-[4-(1-ナフチル) フェニル]-9, 9'-スピロビ(9H-フルオレン)-2-アミン (略称: PCBNSF)、N, N-ビス([1, 1'-ビフェニル]-4-イル)-9, 9'-スピロビ[9H-フルオレン]-2-アミン (略称: BBASF)、N, N-ビス([1, 1'-ビフェニル]-4-イル)-9, 9'-スピロビ[9H-フルオレン]-4-アミン (略称: BBASF(4))、N-(1, 1'-ビフェニル-2-イル)-N-(9, 9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-9, 9'-スピロビ(9H-フルオレン)-4-アミン (略称: oFBiSF)、N-(4-ビフェニル)-N-(9, 9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル) ジベンゾフラン-4-アミン (略称: FrBiF)、N-[4-(1-ナフチル) フェニル]-N-[3-(6-フェニルジベンゾフラン-4-イル) フェニル]-1-ナフチルアミン (略称: mPDBfBNBN)、4-フェニル-4''-(9-フェニルフルオレン-9-イル) トリフェニルアミン (略称: 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)、4-フェニル-4''-[4-(9-フェニルフルオレン-9-イル) フェニル] トリフェニルアミン (略称: BPAFLBi)、4-フェニル-4''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル) トリフェニルアミン (略称: PCBA1BP)、4, 4'-ジフェニル-4''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル) トリフェニルアミン (略称: PCBBi1BP)、4-(1-ナフチル)-4''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル) トリフェニルアミン (略称: PCBANB)、4, 4'-ジ(1-ナフチル)-4''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル) トリフェニルアミン (略称: PCBNBB)、N-フェニル-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル) フェニル]-9, 9'-スピロビ[9H-フルオレン]-2-アミン (略称: PCBASF)、N-(1, 1'-ビフェニル-4-イル)-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル) フェニル]-9, 9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン (略称: PCBBiF)、N, N-ビス(9, 9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-9, 9'-スピロビ-9H-フルオレン-4-アミン、N, N-ビス(9, 9-ジメチル-9H-フルオレン

−2−イル)−9, 9′−スピロビ−9H−フルオレン−3−アミン、N, N−ビス(9, 9−ジメチル−9H−フルオレン−2−イル)−9, 9′−スピロビ−9H−フルオレン−2−アミン、N, N−ビス(9, 9−ジメチル−9H−フルオレン−2−イル)−9, 9′−スピロビ−9H−フルオレン−1−アミン等を挙げることができる。

[0125]

なお、複合材料に用いられる正孔輸送性を有する材料は、そのHOMO準位が−5.7 eV以上−5.4 eV以下の比較的深いHOMO準位を有する物質であることがさらに好ましい。複合材料に用いられる正孔輸送性を有する材料が比較的深いHOMO準位を有することによって、正孔輸送層112への正孔の注入が容易となり、また、寿命の良好な発光デバイスを得ることが容易となる。

[0126]

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

[0127]

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

[0128]

正孔輸送層112は、正孔輸送性を有する材料を含んで形成される。正孔輸送性を有する材料としては、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有していることが好ましい。上記正孔輸送性を有する材料としては、4, 4′−ビス[N−(1−ナフチル)−N−フェニルアミノ]ビフェニル(略称:NPB)、N, N′−ビス(3−メチルフェニル)−N, N′−ジフェニル−[1, 1′−ビフェニル]−4, 4′−ジアミン(略称:TPD)、4, 4′−ビス[N−(スピロ−9, 9′−ビフルオレン−2−イル)−N−フェニルアミノ]ビフェニル(略称:BPSPB)、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:BPAPFLP)、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:mBPAPFLP)、4−フェニル−4′−(9−フェニル−9H−カルバゾール−3−イル)トリフェニルアミン(略称:PCBA1BP)、4, 4′−ジフェニル−4′′−(9−フェニル−9H−カルバゾール−3−イル)トリフェニルアミン(略称:PCBBi1BP)、4−(1−ナフチル)−4′−(9−フェニル−9H−カルバゾール−3−イル)トリフェニルアミン(略称:PCBANB)、4, 4′−ジ(1−ナフチル)−4′′−(9−フェニル−9H−カルバゾール−3−イル)トリフェニルアミン(略称:PCBNBB)、9, 9−ジメチル−N−フェニル−N−[4−(9−フェニル−9H−カルバゾール−3−イル)フェニル]フルオレン−2−アミン(略称:PCBAF)、およびN−フェニル−N−[4−(9−フェニル−9H−カルバゾール−3−イル)フェニル]−9, 9′−スピロビ[9H−フルオレン]−2−アミン(略称:PCBASF)などの芳香族アミン骨格を有する化合物、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)、および3, 3′−ビス(9−フェニル−9H−カルバゾール)(略称:PCCP)などのカルバゾール骨格を有する化合

物、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-I I)、2, 8-ジフェニル-4-[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル) フェニル] ジベンゾチオフェン (略称: DBTFLP-I I I)、および4-[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル) フェニル]-6-フェニルジベンゾチオフェン (略称: DBTFLP-I V) などのチオフェン骨格を有する化合物、4, 4', 4'' - (ベンゼン-1, 3, 5-トリイル) トリ (ジベンゾフラン) (略称: DBF3P-I I)、および4-{3-[3-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル) フェニル] フェニル} ジベンゾフラン (略称: mmDBFFLBi-I I) 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およびカルバゾール骨格を有する化合物は、信頼性が良好であり、また、正孔輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与するため好ましい。なお、正孔注入層111の複合材料に用いられる正孔輸送性を有する材料として挙げた物質も正孔輸送層112を構成する材料として好適に用いることができる。

[0129]

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

[0130]

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

[0131]

発光層113において、蛍光発光物質として用いることが可能な材料としては、例えば、5, 6-ビス [4-(10-フェニル-9-アントリル) フェニル]-2, 2'-ビピリジン (略称: PAPP2BPY)、5, 6-ビス [4'-(10-フェニル-9-アントリル) ビフェニル-4-イル]-2, 2'-ビピリジン (略称: PAPP2BPY)、N, N'-ジフェニル-N, N'-ビス [4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル) フェニル] ピレン-1, 6-ジアミン (略称: 1, 6FLPAPrn)、N, N'-ビス (3-メチルフェニル)-N, N'-ビス [3-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル) フェニル] ピレン-1, 6-ジアミン (略称: 1, 6mMemFLPAPrn)、N, N'-ビス [4-(9H-カルバゾール-9-イル) フェニル]-N, N'-ジフェニルスチルベン-4, 4'-ジアミン (略称: 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: DP h A Ph A)、クマリン545T、N, N'-ジフェニルキナクリドン (略称: DPQd)、ルブレン、5, 12-ビス(1, 1'-ビフェニル-4-イル)-6, 11-ジフェニルテトラセン (略称: BPT)、2-(2-{2-[4-(ジメチルアミノ)フェニル]エテニル}-6-メチル-4H-ピラン-4-イリデン)プロパンジニトリル (略称: DCM1)、2-(2-メチル-6-[2-(2, 3, 6, 7-テトラヒドロ-1H, 5H-ベンゾ [i j] キノリジン-9-イル)エテニル]-4H-ピラン-4-イリデン)プロパンジニトリル (略称: DCM2)、N, N, N', N'-テトラキス(4-メチルフェニル)テトラセン-5, 11-ジアミン (略称: p-mPhTD)、7, 14-ジフェニル-N, N, N', N'-テトラキス(4-メチルフェニル)アセナフト [1, 2-a] フルオランテン-3, 10-ジアミン (略称: p-mPhAFD)、2-(2-イソプロピル-6-[2-(1, 1, 7, 7-テトラメチル-2, 3, 6, 7-テトラヒドロ-1H, 5H-ベンゾ [i j] キノリジン-9-イル)エテニル]-4H-ピラン-4-イリデン)プロパンジニトリル (略称: DCJTI)、2-(2-tert-ブチル-6-[2-(1, 1, 7, 7-テトラメチル-2, 3, 6, 7-テトラヒドロ-1H, 5H-ベンゾ [i j] キノリジン-9-イル)エテニル]-4H-ピラン-4-イリデン)プロパンジニトリル (略称: DCJTB)、2-(2, 6-ビス{2-[4-(ジメチルアミノ)フェニル]エテニル}-4H-ピラン-4-イリデン)プロパンジニトリル (略称: 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 [i j] キノリジン-9-イル)エテニル]-4H-ピラン-4-イリデン)プロパンジニトリル (略称: BisDCJTM)、N, N'-(ピレン-1, 6-ジイル)ビス[(6, N-ジフェニルベンゾ [b] ナフト [1, 2-d] フラン)-8-アミン] (略称: 1, 6BnfAPrn-03)、3, 10-ビス[N-(9-フェニル-9H-カルバゾール-2-イル)-N-フェニルアミノ]ナフト [2, 3-b; 6, 7-b']ビスベンゾフラン (略称: 3, 10PCA2Nbf(IV)-02)、および3, 10-ビス[N-(ジベンゾフラン-3-イル)-N-フェニルアミノ]ナフト [2, 3-b; 6, 7-b']ビスベンゾフラン (略称: 3, 10FrA2Nbf(IV)-02)などが挙げられる。特に、1, 6FLPAPrn、1, 6mMemFLPAPrn、1, 6BnfAPrn-03のようなピレンジアミン化合物に代表される縮合芳香族ジアミン化合物は、ホールトラップ性が高く、発光効率および信頼性に優れているため好ましい。また、これ以外の蛍光発光物質も用いることができる。

[0132]

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

しては、例えば、トリス { 2 - [5 - (2 - メチルフェニル) - 4 - (2 , 6 - ジメチルフェニル) - 4 H - 1 , 2 , 4 - トリアゾール - 3 - イル - κ N 2] フェニル - κ C } イリジウム (I I I) (略称 : [I r (m p p t z - d m p) ₃]) 、トリス (5 - メチル - 3 , 4 - ジフェニル - 4 H - 1 , 2 , 4 - トリアゾラト) イリジウム (I I I) (略称 : [I r (M p t z) ₃]) 、トリス [4 - (3 - ビフェニル) - 5 - イソプロピル - 3 - フェニル - 4 H - 1 , 2 , 4 - トリアゾラト] イリジウム (I I I) (略称 : [I r (i P r p t z - 3 b) ₃]) のような 4 H - トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体、トリス [3 - メチル - 1 - (2 - メチルフェニル) - 5 - フェニル - 1 H - 1 , 2 , 4 - トリアゾラト] イリジウム (I I I) (略称 : [I r (M p t z 1 - m p) ₃]) 、トリス (1 - メチル - 5 - フェニル - 3 - プロピル - 1 H - 1 , 2 , 4 - トリアゾラト) イリジウム (I I I) (略称 : [I r (P r p t z 1 - M e) ₃]) のような 1 H - トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体、f a c - トリス [1 - (2 , 6 - ジイソプロピルフェニル) - 2 - フェニル - 1 H - イミダゾール] イリジウム (I I I) (略称 : [I r (i P r p m i) 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 (I I I) (略称 : [I r (d m p i m p t - M e) 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、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 (I I I) テトラキス (1 - ピラゾリル) ボラート (略称 : F I r 6) 、ビス [2 - (4' , 6' - ジフルオロフェニル) ピリジナト - N , C 2'] イリジウム (I I I) ピコリナート (略称 : F I r p i c) 、ビス { 2 - [3' , 5' - ビス (トリフルオロメチル) フェニル] ピリジナト - N , C 2' } イリジウム (I I I) ピコリナート (略称 : [I r (C F ₃ p p y) ₂ (p i c)]) 、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 (I I I) アセチルアセトナート (略称 : F I r (a c a c)) のような電子吸引基を有するフェニルピリジン誘導体を配位子とする有機金属イリジウム錯体が挙げられる。これらは青色のりん光発光を示す化合物であり、440 nm から 520 nm に発光スペクトルのピークを有する化合物である。

[0 1 3 3]

また、トリス (4 - メチル - 6 - フェニルピリミジナト) イリジウム (I I I) (略称 : [I r (m p p m) 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 (I I I) (略称 : [I r (t B u p p m) 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 (I I I) (略称 : [I r (m p p m) ₂ (a c a c)]) 、(アセチルアセトナト) ビス (6 - t e r t - ブチル - 4 - フェニルピリミジナト) イリジウム (I I I) (略称 : [I r (t B u p p m) ₂ (a c a c)]) 、(アセチルアセトナト) ビス [6 - (2 - ノルボルニル) - 4 - フェニルピリミジナト] イリジウム (I I I) (略称 : [I r (n b p p m) ₂ (a c a c)]) 、(アセチルアセトナト) ビス [5 - メチル - 6 - (2 - メチルフェニル) - 4 - フェニルピリミジナト] イリジウム (I I I) (略称 : [I r (m p m p p m) ₂ (a c a c)]) 、(アセチルアセトナト) ビス (4 , 6 - ジフェニルピリミジナト) イリジウム (I I I) (略称 : [I r (d p p m) ₂ (a c a c)]) 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、(アセチルアセトナト) ビス (3 , 5 - ジメチル - 2 - フェニルピラジナト) イリジウム (I I I) (略称 : [I r (m p p r - M e) ₂ (a c a c)]) 、(アセチルアセトナト) ビス (5 - イソプロピル - 3 - メチル - 2 - フェニルピラジナト) イリジウム (I I I) (略称 : [I r (m p p r - i P r) ₂ (a c a 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、トリス（２－フェニルピリジナト－N，C^{2'}）イリジウム（I I I）（略称：[I r (p p y)₃]）、ビス（２－フェニルピリジナト－N，C^{2'}）イリジウム（I I I）アセチルアセトナート（略称：[I r (p p y)₂ (a c a c)]）、ビス（ベンゾ[h]キノリナト）イリジウム（I I I）アセチルアセトナート（略称：[I r (b z q)₂ (a c a c)]）、トリス（ベンゾ[h]キノリナト）イリジウム（I I I）（略称：[I r (b z q)₃]）、トリス（２－フェニルキノリナト－N，C^{2'}）イリジウム（I I I）（略称：[I r (p q)₃]）、ビス（２－フェニルキノリナト－N，C^{2'}）イリジウム（I I I）アセチルアセトナート（略称：[I r (p q)₂ (a c a c)]）のようなピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体の他、トリス（アセチルアセトナート）（モノフェナントロリン）テルビウム（I I I）（略称：[T b (a c a c)₃ (P h e n)]）のような希土類金属錯体が挙げられる。これらは主に緑色のりん光発光を示す化合物であり、500 nmから600 nmに発光スペクトルのピークを有する。なお、ピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、信頼性、発光効率にも際だって優れるため、特に好ましい。

[0134]

また、（ジイソブチリルメタナト）ビス[4，6－ビス（３－メチルフェニル）ピリミジナト]イリジウム（I I I）（略称：[I r (5 m d p p m)₂ (d i b m)]）、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（I I I）（略称：[I r (5 m d p p m)₂ (d p m)]）、ビス[4，6－ジ（ナフトレン－1－イル）ピリミジナト]（ジピバロイルメタナト）イリジウム（I I I）（略称：[I r (d 1 n p m)₂ (d p m)]）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、（アセチルアセトナート）ビス（2，3，5－トリフェニルピラジナト）イリジウム（I I I）（略称：[I r (t p p r)₂ (a c a c)]）、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（I I I）（略称：[I r (t p p r)₂ (d p m)]）、（アセチルアセトナート）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（I I I）（略称：[I r (F d p q)₂ (a c a 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、トリス（1－フェニルイソキノリナト－N，C^{2'}）イリジウム（I I I）（略称：[I r (p i q)₃]）、ビス（1－フェニルイソキノリナト－N，C^{2'}）イリジウム（I I I）アセチルアセトナート（略称：[I r (p i q)₂ (a c a c)]）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（I I）（略称：P t O E P）のような白金錯体、トリス（1，3－ジフェニル－1，3－プロパンジオナト）（モノフェナントロリン）ユーロピウム（I I I）（略称：[E u (D B M)₃ (P h e n)]）、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（I I I）（略称：[E u (T T A)₃ (P h e n)]）のような希土類金属錯体が挙げられる。これらは、赤色のりん光発光を示す化合物であり、600 nmから700 nmに発光スペクトルのピークを有する。また、ピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、色度の良い赤色発光が得られる。

[0135]

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

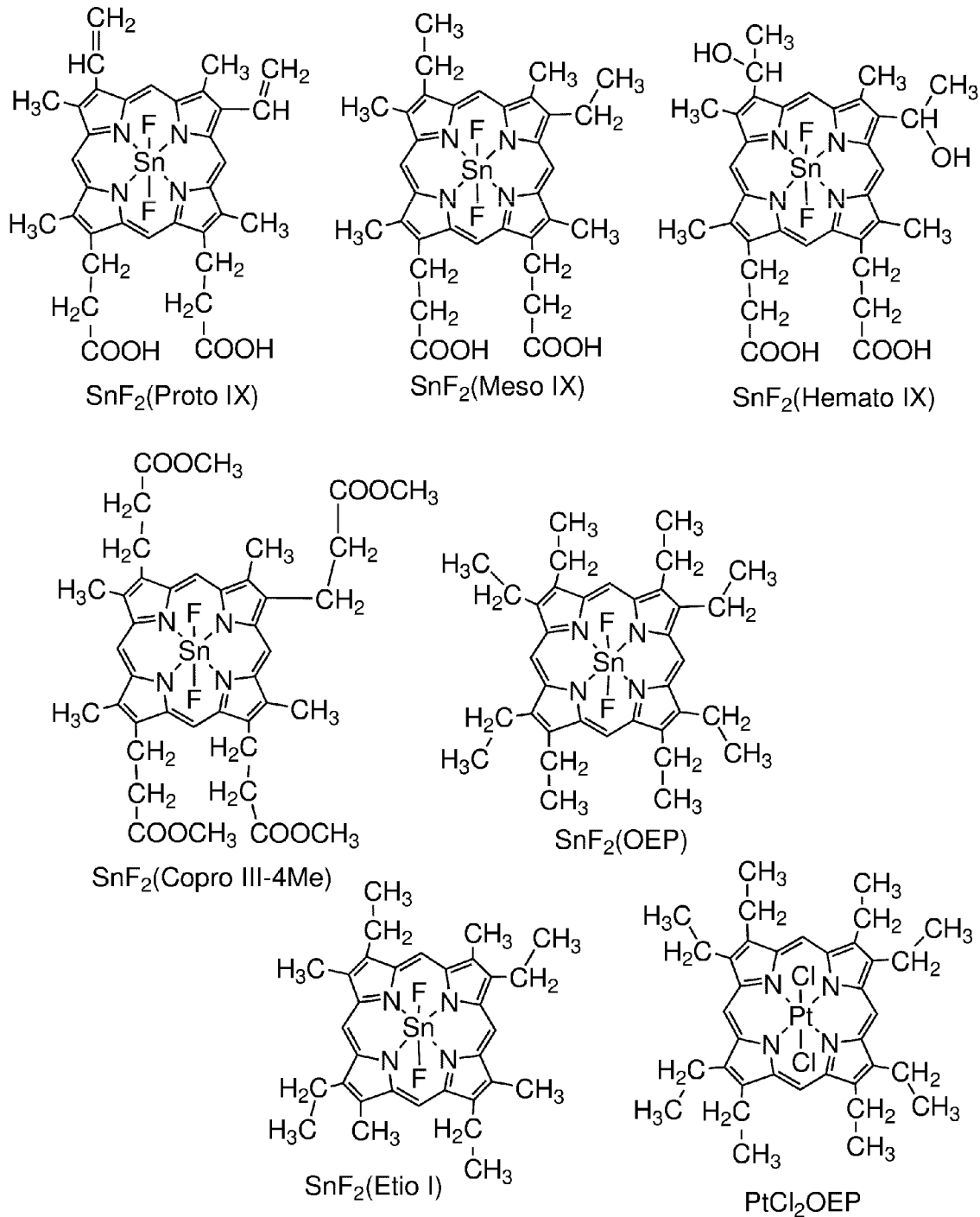
[0136]

TADF材料としてはフラーレン及びその誘導体、アクリジン及びその誘導体、エオシン誘導体等を用いることができる。またマグネシウム（Mg）、亜鉛（Zn）、カドミウム（Cd）、スズ

(Sn)、白金(Pt)、インジウム(In)、もしくはパラジウム(Pd)等を含む金属含有ポルフィリンが挙げられる。該金属含有ポルフィリンとしては、例えば、以下の構造式に示されるプロトポルフィリンフッ化スズ錯体(SnF₂(Proto IX))、メソポルフィリンフッ化スズ錯体(SnF₂(Meso IX))、ヘマトポルフィリンフッ化スズ錯体(SnF₂(Hemato IX))、コプロポルフィリンテトラメチルエステルフッ化スズ錯体(SnF₂(Copro III-4Me))、オクタエチルポルフィリンフッ化スズ錯体(SnF₂(OEP))、エチオポルフィリンフッ化スズ錯体(SnF₂(Etio I))、オクタエチルポルフィリン塩化白金錯体(PtCl₂OEP)等も挙げられる。

[0137]

[化23]

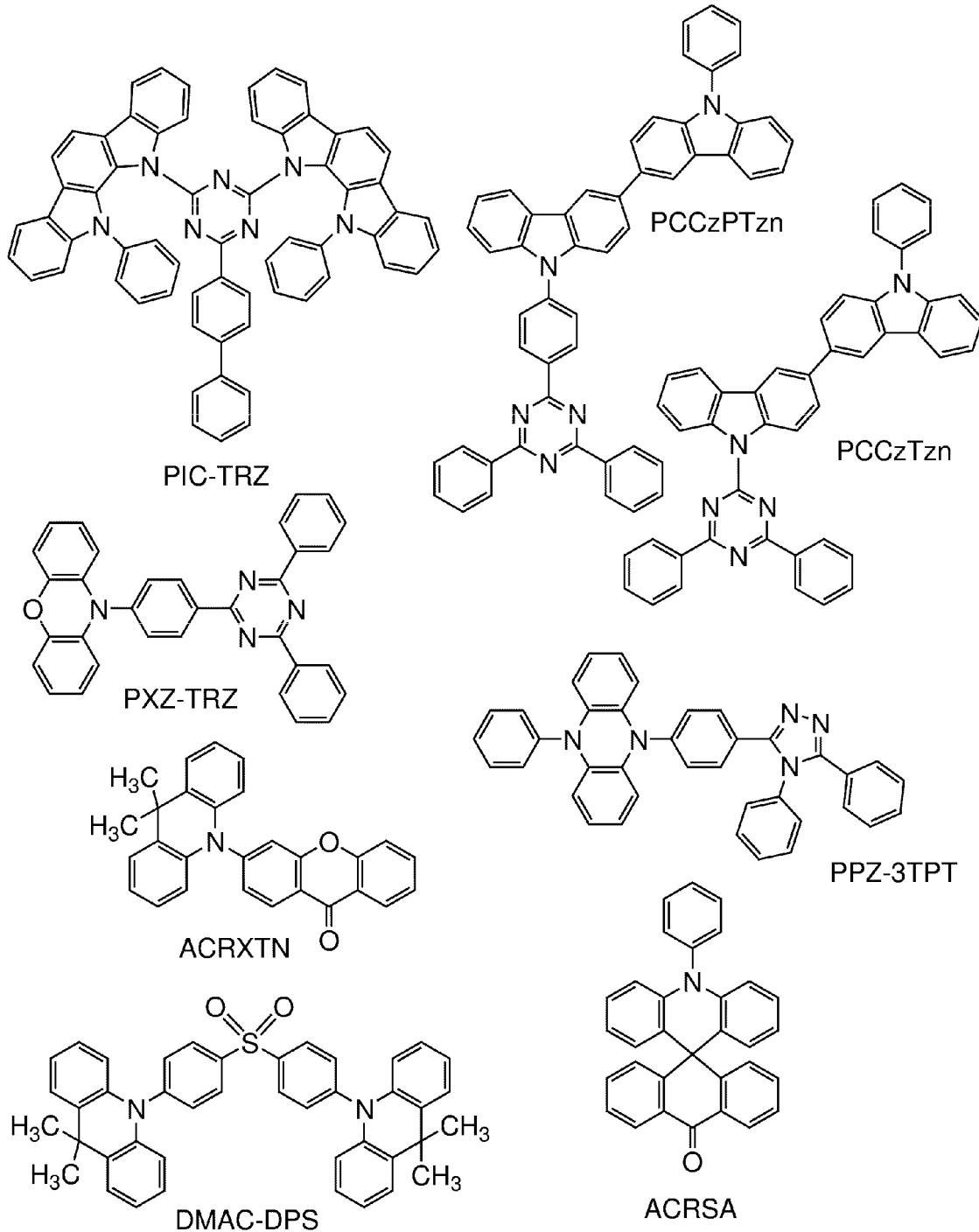


[0138]

また、以下の構造式に示される2-(ビフェニル-4-イル)-4,6-ビス(12-フェニルインドロ[2,3-a]カルバゾール-11-イル)-1,3,5-トリアジン(略称:PIC-TRZ)、9-(4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン-2-イル)-9'-フェニル-9H,9'H-3,3'-ビカルバゾール(略称:PCCzTzn)、2-{4-[3-(N-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)-9H-カルバゾール-9-イル]フェニル}-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン(略称:PCCzPTzn)、2-[4-(10H-フェノキサジン-10-イル)フェニル]-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン(略称:PXZ-TRZ)、3-[4-(5-フェニル-5,10-ジヒドロフェナジン-10-イル)フェニル]-4,5-ジフェニル-1,2,4-トリアゾール(略称:PPZ-3TPT)、3-(9,9-ジメチル-9H-アクリジン-10-イル)-9H-キサンテン-9-オン(略称:ACRX TN)、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)、に代表される π 電子過剰型複素芳香環と π 電子不足型複素芳香環の一方または両方を有する複素環化合物も用いることができる。該複素環化合物は、 π 電子過剰型複素芳香環及び π 電子不足型複素芳香環を有するため、電子輸送性及び正孔輸送性が共に高く、好ましい。中でも、 π 電子不足型複素芳香環を有する骨格のうち、ピリジン骨格、ジアジン骨格(ピリミジン骨格、ピラジン骨格、ピリダジン骨格)、およびトリアジン骨格は、安定で信頼性が良好なため好ましい。特に、ベンゾフロピリミジン骨格、ベンゾチエノピリミジン骨格、ベンゾフロピラジン骨格、ベンゾチエノピラジン骨格はアクセプター性が高く、信頼性が良好なため好ましい。また、 π 電子過剰型複素芳香環を有する骨格の中でも、アクリジン骨格、フェノキサジン骨格、フェノチアジン骨格、フラン骨格、チオフエン骨格、及びピロール骨格は、安定で信頼性が良好なため、当該骨格の少なくとも一を有することが好ましい。なお、フラン骨格としてはジベンゾフラン骨格が、チオフエン骨格としてはジベンゾチオフエン骨格が、それぞれ好ましい。また、ピロール骨格としては、インドール骨格、カルバゾール骨格、インドロカルバゾール骨格、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電子供与性と π 電子不足型複素芳香環の電子受容性が共に強くなり、S1準位とT1準位のエネルギー差が小さくなるため、熱活性化遅延蛍光を効率よく得られることから特に好ましい。なお、 π 電子不足型複素芳香環の代わりに、シアノ基のような電子吸引基が結合した芳香環を用いても良い。また、 π 電子過剰型骨格として、芳香族アミン骨格、フェナジン骨格等を用いることができる。また、 π 電子不足型骨格として、キサンテン骨格、チオキサンテンジオキサイド骨格、オキサジアゾール骨格、トリアゾール骨格、イミダゾール骨格、アントラキノン骨格、フェニルボラン、ボラントレンに代表される含ホウ素骨格、ベンゾニトリルまたはシアノベンゼンに代表されるニトリル基またはシアノ基を有する芳香環、複素芳香環、ベンゾフェノンに代表されるカルボニル骨格、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。

[0139]

[化24]



[0140]

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

[0141]

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。

[0142]

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

[0143]

また、TADF材料を発光物質として用いる場合、ホスト材料のS1準位はTADF材料のS1準位より高い方が好ましい。また、ホスト材料のT1準位はTADF材料のT1準位より高いことが好ましい。

[0144]

発光層のホスト材料としては、電子輸送性を有する材料、正孔輸送性を有する材料、および上記TADF材料など様々なキャリア輸送材料を用いることができる。

[0145]

正孔輸送性を有する材料としては、アミン骨格または π 電子過剰型複素芳香環骨格を有する有機化合物が好ましい。例えば、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル（略称：NPB）、N,N'-ビス(3-メチルフェニル)-N,N'-ジフェニル[1,1'-ビフェニル]-4,4'-ジアミン（略称：TPD）、4,4'-ビス[N-(スピロ-9,9'-ビフルオレン-2-イル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル（略称：BSPB）、4-フェニル-4'-(9-フェニルフルオレン-9-イル)トリフェニルアミン（略称：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）、4-フェニル-4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン（略称：PCBA1BP）、4,4'-ジフェニル-4''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン（略称：PCBBi1BP）、4-(1-ナフチル)-4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン（略称：PCBANB）、4,4'-ジ(1-ナフチル)-4''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン（略称：PCBNBB）、9,9-ジメチル-N-フェニル-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]フルオレン-2-アミン（略称：PCBAF）、およびN-フェニル-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]-9,9'-スピロビ[9H-フルオレン]-2-アミン（略称：PCBASF）などの芳香族アミン骨格を有する化合物、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）、および3,3'-ビス(9-フェニル-9H-カルバゾール)（略称：PCCP）などのカルバゾール骨格を有する化合物、4,4',4''-(ベンゼン-1,3,5-トリイル)トリ(ジベンゾチオフエン)（略称：DBT3P-II）、2,8-ジフェニル-4-[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]ジベンゾチオフエン（略称：DBTFLP-III）、および4-[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]-6-フェニルジベンゾチオフエン（略称：DBTFLP-IV）などのチオフエン骨格を有する化合物、4,4',4''-(ベンゼン-1,3,5-トリイル)トリ(ジベンゾフラン)（略称：DBF3P-II）、および4-

{3-[3-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]フェニル}ジベンゾフラン(略称: mmDBFFLBi-I I)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または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。

[0146]

電子輸送性を有する材料としては、例えば、ビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]キノリナト)ベリリウム(I I)(略称: BeBq₂)、ビス(2-メチル-8-キノリノラト)(4-フェニルフェノラト)アルミニウム(I I I)(略称: BA1q)、ビス(8-キノリノラト)亜鉛(I I)(略称: Znq)、ビス[2-(2-ベンゾオキサゾリル)フェノラト]亜鉛(I I)(略称: ZnPBO)、およびビス[2-(2-ベンゾチアゾリル)フェノラト]亜鉛(I I)(略称: ZnBTZ)などの金属錯体、 π 電子不足型複素芳香環骨格を有する有機化合物が好ましい。 π 電子不足型複素芳香環骨格を有する有機化合物としては、例えば、2-(4-ビフェニル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール(略称: PBD)、3-(4-ビフェニル)-4-フェニル-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,2,4-トリアゾール(略称: TAZ)、1,3-ビス[5-(p-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン(略称: OXD-7)、9-[4-(5-フェニル-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称: CO11)、2,2',2''-(1,3,5-ベンゼントリイル)トリス(1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール)(略称: TPBI)、および2-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール(略称: mDBTBIm-I I)などのポリアゾール骨格を有する複素環化合物、2-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]ジベンゾ[f, h]キノキサリン(略称: 2mDBTPDBq-I I)、2-[3'-(ジベンゾチオフェン-4-イル)ビフェニル-3-イル]ジベンゾ[f, h]キノキサリン(略称: 2mDBTBPD Bq-I I)、2-[3'-(9H-カルバゾール-9-イル)ビフェニル-3-イル]ジベンゾ[f, h]キノキサリン(略称: 2mCzBPDBq)、4,6-ビス[3-(フェナントレン-9-イル)フェニル]ピリミジン(略称: 4,6mPnP2Pm)、4,6-ビス[3-(4-ジベンゾチエニル)フェニル]ピリミジン(略称: 4,6mDBTP2Pm-I I)、および2,8-ビス[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-ベンゾ[h]キナゾリン(略称: 4,8mDBtP2Bqn)などのジアジン骨格を有する複素環化合物、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)、および1,3,5-トリ[3-(3-ピリジル)フェニル]ベンゼン(略称: TmPyPB)などのピリジン骨格を有する複素環化合物が挙げられる。上述した中でも、ジアジン骨格を有する複素環化合物または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、およびピラジンなど)骨格を有する複素環化合物は、電子輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与する。なお、実施の形態1に記載の有機化合物は、電子輸送性を有する有機化合物であり、発光層におけるホスト用材料として好適に用いることができる。

[0147]

ホスト材料として用いることが可能なTADF材料としては、先にTADF材料として挙げたものを同様に用いることができる。TADF材料をホスト材料として用いると、TADF材料で生成した三重項励起エネルギーが、逆項間交差によって一重項励起エネルギーに変換され、さらに発光物

質へエネルギー移動することで、発光デバイスの発光効率を高めることができる。このとき、TADF材料がエネルギードナーとして機能し、発光物質がエネルギーアクセプターとして機能する。

[0148]

これは、上記発光物質が蛍光発光物質である場合に、非常に有効である。また、このとき、高い発光効率を得るためには、TADF材料のS1準位は、蛍光発光物質のS1準位より高いことが好ましい。また、TADF材料のT1準位は、蛍光発光物質のS1準位より高いことが好ましい。したがって、TADF材料のT1準位は、蛍光発光物質のT1準位より高いことが好ましい。

[0149]

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

[0150]

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

[0151]

蛍光発光物質を発光物質として用いる場合、ホスト材料としては、アントラセン骨格を有する材料が好適である。アントラセン骨格を有する物質を蛍光発光物質のホスト材料として用いると、発光効率、耐久性共に良好な発光層を実現することが可能である。ホスト材料として用いるアントラセン骨格を有する物質としては、ジフェニルアントラセン骨格、特に9,10-ジフェニルアントラセン骨格を有する物質が化学的に安定であるため好ましい。また、ホスト材料がカルバゾール骨格を有する場合、正孔の注入・輸送性が高まるため好ましいが、カルバゾールにベンゼン環がさらに縮合したベンゾカルバゾール骨格を含む場合、カルバゾールよりもHOMOが0.1eV程度浅くなり、正孔が入りやすくなるためより好ましい。特に、ホスト材料がジベンゾカルバゾール骨格を含む場合、カルバゾールよりもHOMOが0.1eV程度浅くなり、正孔が入りやすくなる上に、正孔輸送性にも優れ、耐熱性も高くなるため好適である。したがって、さらにホスト材料として好ましいのは、9,10-ジフェニルアントラセン骨格およびカルバゾール骨格（あるいはベンゾカ

ルバゾール骨格またはジベンゾカルバゾール骨格)を同時に有する物質である。なお、上記の正孔注入・輸送性の観点から、カルバゾール骨格に換えて、ベンゾフルオレン骨格またはジベンゾフルオレン骨格を用いてもよい。このような物質の例としては、9-フェニル-3-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称:PCzPA)、3-[4-(1-ナフチル)-フェニル]-9-フェニル-9H-カルバゾール(略称:PCPN)、9-[4-(10-フェニル-9-アントラセニル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称:CzPA)、7-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-7H-ジベンゾ[c,g]カルバゾール(略称:cgDBCzPA)、6-[3-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)フェニル]-ベンゾ[b]ナフト[1,2-d]フラン(略称:2mBnfPPA)、9-フェニル-10-{4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)ビフェニル-4'-イル}アントラセン(略称:FLPPA)、9-(1-ナフチル)-10-[4-(2-ナフチル)フェニル]アントラセン(略称: α N- β NPAnth)等が挙げられる。特に、CzPA、cgDBCzPA、2mBnfPPA、PCzPAは非常に良好な特性を示すため、好ましい選択である。

[0152]

なお、ホスト材料は複数種の物質を混合した材料であっても良く、混合したホスト材料を用いる場合は、電子輸送性を有する材料と、正孔輸送性を有する材料とを混合することが好ましい。電子輸送性を有する材料と、正孔輸送性を有する材料を混合することによって、発光層113の輸送性を容易に調整することができ、再結合領域の制御も簡便に行うことができる。正孔輸送性を有する材料と電子輸送性を有する材料の含有量の重量比は、正孔輸送性を有する材料:電子輸送性を有する材料=1:19~19:1とすればよい。なお、混合したホスト材料における電子輸送性を有する材料として、実施の形態1に記載の有機化合物を好適に用いることができる。電子輸送性を有する材料と、正孔輸送性を有する材料との混合は、共蒸着により行っても良いし、あらかじめ混合した(プレミックスした)試料を蒸着することによって行っても良い。実施の形態1に記載の有機化合物は後者での混合にも好適である。

[0153]

なお、上記混合された材料の一部として、りん光発光物質を用いることができる。りん光発光物質は、発光物質として蛍光発光物質を用いる際に蛍光発光物質へ励起エネルギーを供与するエネルギードナーとして用いることができる。

[0154]

また、これら混合された材料同士で励起錯体を形成しても良い。当該励起錯体は発光物質の最も低エネルギー側の吸収帯の波長と重なるような発光を呈する励起錯体を形成するような組み合わせを選択することで、エネルギー移動がスムーズとなり、効率よく発光が得られるため好ましい。また、当該構成を用いることで駆動電圧も低下するため好ましい。

[0155]

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

[0156]

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

のLUMO準位が電子輸送性を有する材料のLUMO準位以上であると好ましい。なお、材料のLUMO準位およびHOMO準位は、サイクリックボルタンメトリ(CV)測定によって測定される材料の電気化学特性(還元電位および酸化電位)から導出することができる。

[0157]

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

[0158]

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

[0159]

なお、電子輸送層114は電界強度[V/cm]の平方根が600における電子移動度が $1 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上 $5 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以下であることが好ましい。電子輸送層114における電子の輸送性を落とすことにより発光層への電子の注入量を制御することができ、発光層が電子過多の状態になることを防ぐことができる。また、電子輸送層114は電子輸送性を有する材料と、アルカリ金属またはアルカリ土類金属の単体、化合物もしくは錯体を含むことが好ましい。これらの構成は、特に正孔注入層を複合材料として形成し、当該複合材料における正孔輸送性を有する材料のHOMO準位が -5.7 eV 以上 -5.4 eV 以下の比較的深いHOMO準位を有する物質である場合に、寿命が良好となるため特に好ましい。なお、この際、電子輸送性を有する材料は、そのHOMO準位が -6.0 eV 以上であることが好ましい。また、当該電子輸送性を有する材料はアントラセン骨格を有する有機化合物であることが好ましく、アントラセン骨格と複素環骨格の両方を含む有機化合物であることがより好ましい。当該複素環骨格としては、含窒素5員環骨格または含窒素6員環骨格が好ましく、これら複素環骨格としては、ピラゾール環、イミダゾール環、オキサゾール環、チアゾール環、ピラジン環、ピリジン環、およびピリダジン環などのように2つの複素原子を環に含む含窒素5員環骨格または含窒素6員環骨格を有することが特に好ましい。また、アルカリ金属またはアルカリ土類金属の単体、化合物もしくは錯体としては、8-ヒドロキシキノリナト構造を含むことが好ましい。具体的には、例えば8-ヒドロキシキノリナト-リチウム(略称:Li q)、および8-ヒドロキシキノリナト-ナトリウム(略称:Na q)などを挙げるができる。特に、一価の金属イオンの錯体、中でもリチウムの錯体が好ましく、Li qがより好ましい。なお、8-ヒドロキシキノリナト構造を含む場合、そのメチル置換体(例えば2-メチル置換体または5-メチル置換体)を用いることもできる。また、電子輸送層中においてアルカリ

金属またはアルカリ土類金属の単体、化合物もしくは錯体は、その厚さ方向において濃度差（0である場合も含む）が存在することが好ましい。

[0160]

電子輸送層114と第2の電極102との間に、電子注入層115として、フッ化リチウム（LiF）、フッ化セシウム（CsF）、フッ化カルシウム（CaF₂）、8-ヒドロキシキノリナトールリチウム（略称：Li_q）に代表されるようなアルカリ金属又はアルカリ土類金属又はそれらの化合物を含む層を設けても良い。電子注入層115は、電子輸送性を有する物質からなる層中にアルカリ金属又はアルカリ土類金属又はそれらの化合物を含有させたもの、エレクトライドを用いてもよい。エレクトライドとしては、例えば、カルシウムとアルミニウムの混合酸化物に電子を高濃度添加した物質等が挙げられる。

[0161]

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

[0162]

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

[0163]

なお、電荷発生層116はP型層117の他に電子リレー層118及び電子注入バッファ層119のいずれか一又は両方がもうけられていることが好ましい。

[0164]

電子リレー層118は少なくとも電子輸送性を有する物質を含み、電子注入バッファ層119とP型層117との相互作用を防いで電子をスムーズに受け渡す機能を有する。電子リレー層118に含まれる電子輸送性を有する物質のLUMO準位は、P型層117におけるアクセプタ性物質のLUMO準位と、電子輸送層114における電荷発生層116に接する層に含まれる物質のLUMO準位との間であることが好ましい。電子リレー層118に用いられる電子輸送性を有する物質におけるLUMO準位の具体的なエネルギー準位は-5.0eV以上、好ましくは-5.0eV以上-3.0eV以下とするとよい。なお、電子リレー層118に用いられる電子輸送性を有する物質としてはフタロシアニン系の材料又は金属-酸素結合と芳香族配位子を有する金属錯体を用いることが好ましい。

[0165]

電子注入バッファ層 119 には、アルカリ金属、アルカリ土類金属、希土類金属、およびこれらの化合物（アルカリ金属化合物（酸化リチウムに代表される酸化物、ハロゲン化物、炭酸リチウムまたは炭酸セシウムに代表される炭酸塩を含む）、アルカリ土類金属化合物（酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩を含む）、または希土類金属の化合物（酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩を含む））に代表される電子注入性の高い物質を用いることが可能である。

[0166]

また、電子注入バッファ層 119 が、電子輸送性を有する物質とドナー性物質を含んで形成される場合には、ドナー性物質として、アルカリ金属、アルカリ土類金属、希土類金属、およびこれらの化合物（アルカリ金属化合物（酸化リチウムに代表される酸化物、ハロゲン化物、炭酸リチウム、炭酸セシウムに代表される炭酸塩を含む）、アルカリ土類金属化合物（酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩を含む）、または希土類金属の化合物（酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩を含む））の他、テトラチアナフタセン（略称：TTN）、ニッケロセン、デカメチルニッケロセンに代表される有機化合物を用いることもできる。なお、電子輸送性を有する物質としては、先に説明した電子輸送層 114 を構成する材料と同様の材料を用いて形成することができる。

[0167]

第2の電極 102 を形成する物質としては、仕事関数の小さい（具体的には 3.8 eV 以下）金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物などを用いることができる。このような陰極材料の具体例としては、リチウム (Li)、セシウム (Cs) に代表されるアルカリ金属、およびマグネシウム (Mg)、カルシウム (Ca)、ストロンチウム (Sr) に代表される元素周期表の第1族または第2族に属する元素、およびこれらを含む合金 (MgAg, AlLi)、ユウロピウム (Eu)、イッテルビウム (Yb) に代表される希土類金属およびこれらを含む合金等が挙げられる。しかしながら、第2の電極 102 と電子輸送層との間に、電子注入層を設けることにより、仕事関数の大小に関わらず、Al、Ag、ITO、ケイ素若しくは酸化ケイ素を含有した酸化インジウム-酸化スズ等様々な導電性材料を第2の電極 102 として用いることができる。これら導電性材料は、真空蒸着法またはスパッタリング法などの乾式法、インクジェット法、スピコート法等を用いて成膜することが可能である。また、ゾルーゲル法を用いて湿式法で形成しても良いし、金属材料のペーストを用いて湿式法で形成してもよい。

[0168]

また、EL層 103 の形成方法としては、乾式法、湿式法を問わず、種々の方法を用いることができる。例えば、真空蒸着法、グラビア印刷法、オフセット印刷法、スクリーン印刷法、インクジェット法またはスピコート法など用いても構わない。

[0169]

また上述した各電極または各層を異なる成膜方法を用いて形成しても構わない。

[0170]

なお、第1の電極 101 と第2の電極 102 との間に設けられる層の構成は、上記のものには限定されない。しかし、発光領域と電極またはキャリア注入層に用いられる金属とが近接することによって生じる消光が抑制されるように、第1の電極 101 および第2の電極 102 から離れた部位に正孔と電子とが再結合する発光領域を設けた構成が好ましい。

[0171]

また、発光層 113 に接する正孔輸送層または電子輸送層、特に発光層 113 における再結合領域

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

[0172]

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

[0173]

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

[0174]

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

[0175]

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

[0176]

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

[0177]

図1Cでは、2つの発光ユニットを有する発光デバイスについて説明したが、3つ以上の発光ユニットを積層した発光デバイスについても、同様に適用することが可能である。本実施の形態に係る発光デバイスのように、一对の電極間に複数の発光ユニットを電荷発生層513で仕切って配置することで、電流密度を低く保ったまま、高輝度発光を可能とし、さらに長寿命なデバイスを実現できる。また、低電圧駆動が可能で消費電力が低い発光装置を実現することができる。

[0178]

また、それぞれの発光ユニットの発光色を異なるものにするこゝで、発光デバイス全体として、所望の色の発光を得ることができる。例えば、2つの発光ユニットを有する発光デバイスにおいて、第1の発光ユニットで赤と緑の発光色、第2の発光ユニットで青の発光色を得るこゝで、発光デバイス全体として白色発光する発光デバイスを得るこゝも可能である。

[0179]

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

[0180]

（実施の形態3）

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

[0181]

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

[0182]

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

[0183]

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

[0184]

素子基板610はガラス、石英、有機樹脂、金属、合金、または半導体などからなる基板の他、FRP（Fiber Reinforced Plastics）、PVF（ポリビニルフロライド）、ポリエステルまたはアクリル樹脂等からなるプラスチック基板を用いて作製すればよい。

[0185]

画素または駆動回路に用いられるトランジスタの構造は特に限定されない。例えば、逆スタガ型のトランジスタとしてもよいし、スタガ型のトランジスタとしてもよい。また、トップゲート型のトランジスタでもボトムゲート型トランジスタでもよい。トランジスタに用いる半導体材料は特に限

定されず、例えば、シリコン、ゲルマニウム、炭化シリコン、窒化ガリウム等を用いることができる。または、 $In-Ga-Zn$ 系金属酸化物などの、インジウム、ガリウム、亜鉛のうち少なくとも一つを含む酸化物半導体を用いてもよい。

[0186]

トランジスタに用いる半導体材料の結晶性についても特に限定されず、非晶質半導体、結晶性を有する半導体（微結晶半導体、多結晶半導体、単結晶半導体、又は一部に結晶領域を有する半導体）のいずれを用いてもよい。結晶性を有する半導体を用いると、トランジスタ特性の劣化を抑制できるため好ましい。

[0187]

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

[0188]

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

[0189]

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

[0190]

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

[0191]

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

[0192]

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

[0193]

なお、FET623は駆動回路部601に形成されるトランジスタの一つを示すものである。また、

駆動回路は、種々のCMOS回路、PMOS回路もしくはNMOS回路で形成すれば良い。また、本実施の形態では、基板上に駆動回路を形成したドライバー体型を示すが、必ずしもその必要はなく、駆動回路を基板上ではなく外部に形成することもできる。

[0194]

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

[0195]

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

[0196]

また、後に形成するEL層等の被覆性を良好なものとするため、絶縁物614の上端部または下端部に曲率を有する曲面が形成されるようにする。例えば、絶縁物614の材料としてポジ型の感光性アクリル樹脂を用いた場合、絶縁物614の上端部のみに曲率半径(0.2 μ m \sim 3 μ m)を有する曲面を持たせることが好ましい。また、絶縁物614として、ネガ型の感光性樹脂、或いはポジ型の感光性樹脂のいずれも使用することができる。

[0197]

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

[0198]

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、スピコート法に代表される種々の方法によって形成される。EL層616は、実施の形態2で説明したような構成を含んでいる。また、EL層616を構成する他の材料としては、低分子化合物、または高分子化合物(オリゴマー、 dendrimerを含む)であっても良い。

[0199]

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または化合物(MgAg、MgIn、AlLi等)等)を用いることが好ましい。なお、EL層616で生じた光が第2の電極617を透過させる場合には、第2の電極617として、膜厚を薄くした金属薄膜と、透明導電膜(ITO、2 \sim 20wt%の酸化亜鉛を含む酸化インジウム、ケイ素を含有したインジウム錫酸化物、酸化亜鉛(ZnO)等)との積層を用いるのが良い。

[0200]

なお、第1の電極613、EL層616、第2の電極617でもって、発光デバイスが形成されている。当該発光デバイスは実施の形態2に記載の発光デバイスである。なお、画素部は複数の発光

デバイスが形成されてなっているが、本実施の形態における発光装置では、実施の形態2に記載の発光デバイスと、それ以外の構成を有する発光デバイスの両方が混在していても良い。

[0201]

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、アルゴン等）が充填される場合の他、シール材で充填される場合もある。封止基板には凹部を形成し、そこに乾燥材を設けることで水分の影響による劣化を抑制することができ、好ましい構成である。

[0202]

なお、シール材605にはエポキシ系樹脂または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および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、石英基板の他、FRP（Fiber Reinforced Plastics）、PVF（ポリビニルフロライド）、ポリエステルまたはアクリル樹脂等からなるプラスチック基板を用いることができる。

[0203]

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

[0204]

保護膜には、水に代表されるの不純物を透過しにくい材料を用いることができる。したがって、上記不純物が外部から内部に拡散することを効果的に抑制することができる。

[0205]

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

[0206]

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

傷を、低減することができる。

[0207]

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

[0208]

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

[0209]

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

[0210]

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

[0211]

また、図3Aでは着色層（赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B）は透明な基材1033に設けている。また、ブラックマトリクス1035をさらに設けても良い。着色層及びブラックマトリクスが設けられた透明な基材1033は、位置合わせし、基板1001に固定する。なお、着色層、及びブラックマトリクス1035は、オーバーコート層1036で覆われている。また、図3A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、緑、青となることから、4色の画素で映像を表現することができる。

[0212]

図3B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。このように、着色層は基板1001と封止基板1031の間に設けられていても良い。

[0213]

また、以上に説明した発光装置では、FET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。トップエミッション型の発光装置の断面図を図4に示す。この場合、基板1001は光を通さない基板を用いることができる。FETと発光デバイスの陽極とを接続する電極1022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の層間絶縁膜と同様の材料の他、他の公知の材料を用いて形成することができる。

[0214]

発光デバイスの第1の電極1024W、1024R、1024G、1024Bはここでは陽極とするが、陰極であっても構わない。また、図4のようなトップエミッション型の発光装置である場合、第1の電極を反射電極とすることが好ましい。EL層1028の構成は、実施の形態2においてEL層103として説明したような構成とし、且つ、白色の発光が得られるような素子構造とする。

[0215]

図4のようなトップエミッションの構造では着色層（赤色の着色層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ブラックマトリクス1035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）、ブラックマトリクスはオーバーコート層1036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こととする。また、ここでは赤、緑、青、白の4色でフルカラー表示を行う例を示したが特に限定されず、赤、黄、緑、青の4色または赤、緑、青の3色でフルカラー表示を行ってもよい。

[0216]

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

[0217]

なお、反射電極は、可視光の反射率が40%乃至100%、好ましくは70%乃至100%であり、かつその抵抗率が $1 \times 10^{-2} \Omega \text{ cm}$ 以下の膜であるとする。また、半透過・半反射電極は、可視光の反射率が20%乃至80%、好ましくは40%乃至70%であり、かつその抵抗率が $1 \times 10^{-2} \Omega \text{ cm}$ 以下の膜であるとする。

[0218]

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

[0219]

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

[0220]

なお、反射電極によって反射されて戻ってきた光（第1の反射光）は、発光層から半透過・半反射電極に直接入射する光（第1の入射光）と大きな干渉を起こすため、反射電極と発光層の光学的距離を $(2n-1)\lambda/4$ （ただし、 n は1以上の自然数、 λ は増幅したい発光の波長）に調節することが好ましい。当該光学的距離を調節することにより、第1の反射光と第1の入射光との位相を合わせ発光層からの発光をより増幅させることができる。

[0221]

なお、上記構成においてEL層は、複数の発光層を有する構造であっても、単一の発光層を有する

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

[0222]

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

[0223]

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

[0224]

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

[0225]

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

[0226]

また、本実施の形態は他の実施の形態と自由に組み合わせることができる。

[0227]

(実施の形態4)

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

[0228]

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

[0229]

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

[0230]

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

[0231]

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

[0232]

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

[0233]

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

[0234]

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

[0235]

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

[0236]

(実施の形態5)

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

[0237]

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

[0238]

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

[0239]

テレビジョン装置の操作は、筐体7101が備える操作スイッチ、別体のリモコン操作機7110により行うことができる。リモコン操作機7110が備える操作キー7109により、チャンネル、音量の操作を行うことができ、表示部7103に表示される映像を操作することができる。また、リモコン操作機7110に、当該リモコン操作機7110から出力する情報を表示する表示部7107を設ける構成としてもよい。

[0240]

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

[0241]

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

[0242]

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

[0243]

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

[0244]

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

[0245]

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

[0246]

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

[0247]

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

[0248]

また、入力モードにおいて、表示部7402の光センサで検出される信号を検知し、表示部7402のタッチ操作による入力が一定期間ない場合には、画面のモードを入力モードから表示モードに切り替えるように制御してもよい。

[0249]

表示部7402は、イメージセンサとして機能させることもできる。例えば、表示部7402に掌または指で触れ、掌紋、指紋等を撮像することで、本人認証を行うことができる。また、表示部に近赤外光を発光するバックライトまたは近赤外光を発光するセンシング用光源を用いれば、指静脈、または掌静脈などを撮像することもできる。

[0250]

図8Aは、掃除ロボットの一例を示す模式図である。

[0251]

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、または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。

[0252]

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。

[0253]

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。

[0254]

ディスプレイ5101には、バッテリーの残量、または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。

[0255]

掃除ロボット5100は、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の表示を携帯電子機器5140で確認することもできる。

[0256]

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。

[0257]

図8B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および障害物センサ2107、移動機構2108を備える。

[0258]

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。

[0259]

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。

[0260]

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

[0261]

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

[0262]

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

[0263]

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

[0264]

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

[0265]

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

[0266]

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

[0267]

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

[0268]

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

[0269]

また、図12A、図12B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12Aに展開した状態の携帯情報端末5150を示す。図12Bに折りたたんだ状態の携帯情報端末を示す。携帯情報端末5150は、大きな表示領域5152を有するにも関わらず、折りたたみ

ばコンパクトで可搬性に優れる。

[0270]

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

[0271]

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。

[0272]

また、図13A～図13Cに、折りたたみ可能な携帯情報端末9310を示す。図13Aに展開した状態の携帯情報端末9310を示す。図13Bに展開した状態又は折りたたんだ状態の一方から他方に変化する途中の状態の携帯情報端末9310を示す。図13Cに折りたたんだ状態の携帯情報端末9310を示す。携帯情報端末9310は、折りたたんだ状態では可搬性に優れ、展開した状態では、継ぎ目のない広い表示領域により表示の一覧性に優れる。

[0273]

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

[0274]

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

[0275]

なお、本発明の一態様の化合物は、有機薄膜太陽電池（OPV）または有機光ダイオード（OPD）など光電変換素子に用いることができる。より具体的には、キャリア輸送性があるため、キャリア輸送層、キャリア注入層に用いることができる。また、ドナー性物質との混合膜を用いることで、電荷発生層として用いることができる。また、光励起するため、発電層や活性層として用いることができる。

[0276]

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

[実施例1]

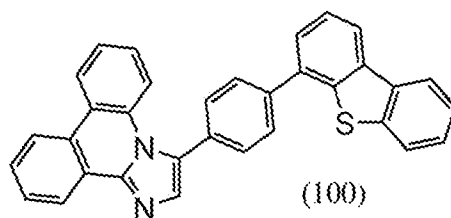
[0277]

《合成例1》

本合成例では、実施の形態1において構造式(100)として示した、3-[4-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]イミダゾ[1,2-f]フェナントリジン（略称：DBTPIP t-I I）の合成方法について具体的に説明する。DBTPIP t-I Iの構造式を下に示す。

[0278]

[化25]



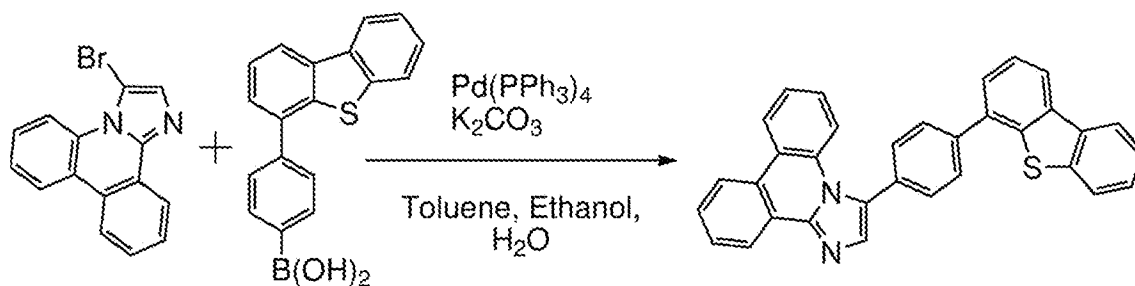
[0279]

<ステップ1；3-[4-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]イミダゾ[1,2-f]フェナントリジン(略称：DBTPIP t-I I)の合成>

200 mL三口フラスコに3-ブロモイミダゾ[1,2-f]フェナントリジン0.80 g (2.7 mmol)、4-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニルボロン酸1.2 g (4.0 mmol)、炭酸カリウム1.1 g (7.6 mmol)、トルエン27 mL、エタノール3 mL、水3 mLを加えた。この混合物を、減圧下で攪拌することで脱気し、フラスコ内を窒素置換した。この混合物に、テトラキス(トリフェニルホスフィン)パラジウム(0)0.12 g (0.10 mmol)を加え、窒素気流下、80°Cで6時間攪拌し、その後、100°Cで11時間還流した。還流後、この混合物に水を加え、水層と有機層を分離し、水層をトルエンで抽出した。得られた抽出溶液と有機層を合わせて、飽和炭酸水素ナトリウム水溶液、飽和食塩水で洗浄した後、有機層を硫酸マグネシウムで乾燥した。この混合物を自然濾過して、ろ液を濃縮して油状物を得た。得られた油状物をアルミナカラムクロマトグラフィー(トルエン：酢酸エチル=50：1)で精製し油状物を得た。この油状物に、メタノールを加え超音波を照射し、析出した固体を回収したところ、目的物の白色粉末を収量1.0 g、収率79%で得た。得られた白色粉末1.0 gをトレインサブレーション法により圧力3.2 Pa、アルゴン流量5.0 mL/min、260°Cの条件で14時間加熱し、昇華精製した。昇華精製後白色固体を0.89 g、回収率87%で得た。ステップ1の合成スキームを下に示す。

[0280]

[化26]



[0281]

上記ステップ1で得られた白色固体の核磁気共鳴分光法($^1\text{H-NMR}$)による分析結果を下に示す。また、 $^1\text{H-NMR}$ チャートを図14Aおよび図14Bに示す。このことから、本合成例において、本発明の有機化合物であるDBTPIP t-I Iが得られたことがわかった。

[0282]

$^1\text{H NMR}$ (CDCl_3 , 300 MHz) : $\delta = 7.33-7.38$ (m, 1H), $7.45-7.54$ (m, 3H), 7.58 (s, 1H), $7.61-7.78$ (m, 7H), $7.86-7.9$

3 (m, 3H), 8.19–8.26 (m, 2H), 8.39–8.43 (m, 1H), 8.50 (dd, J=8.4 Hz, 1.5 Hz, 1H), 8.74–8.78 (m, 1H)。

[0283]

次に、DBTPIPt-IIIのトルエン溶液の吸収スペクトルと発光スペクトルを図15に示す。また、薄膜の吸収スペクトルと発光スペクトルを図16に示す。固体薄膜は石英基板上に真空蒸着法にて作成した。吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計（株）日本分光製 V550型）を用いた。溶液状態の吸収スペクトルは、溶媒のみを石英セルに入れて測定した吸収スペクトルを、DBTPIPt-IIIの溶液を石英セルに入れて測定した吸収スペクトルから差し引くことで得た。また、薄膜の吸収スペクトルは、石英基板の吸収スペクトルを石英基板上に成膜したDBTPIPt-IIIの吸収スペクトルから差し引くことで得た。また、発光スペクトルの測定には、蛍光光度計（株）浜松ホトニクス製 FS920）を用いた。

[0284]

図15より、DBTPIPt-IIIのトルエン溶液は333 nm、292 nm付近に吸収ピークが見られ、発光波長のピークは415 nm（励起波長338 nm）であった。また、図16より、DBTPIPt-IIIの薄膜は340 nm、295 nm、242 nm付近に吸収ピークが見られ、発光波長のピークは412 nm、424 nm付近（励起波長340 nm）であった。この結果、本発明の一態様の有機化合物であるDBTPIPt-IIIは発光物質および可視域の蛍光発光物質のホスト輸送材料としても有効に利用可能であることがわかった。

[0285]

また、DBTPIPt-III薄膜は、大気下においても凝集しにくく、変化が小さい良好な膜質であることがわかった。

[0286]

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

[0287]

測定装置は電気化学アナライザー（ビー・エー・エス（株）製、型番：ALSモデル600Aまたは600C）を用いた。CV測定を行う際に用いた溶液は、溶媒として脱水ジメチルホルムアミド（DMF）（株）アルドリッチ製、99.8%、カタログ番号；22705-6）を用い、支持電解質である過塩素酸テトラ-n-ブチルアンモニウム（n-Bu₄NC₁₀）（株）東京化成製、カタログ番号；T0836）を100 mmol/Lの濃度となるように溶解させ、さらに測定対象を2 mmol/Lの濃度となるように溶解させて調製した。また、作用電極としては白金電極（ビー・エー・エス（株）製、PTE白金電極）を、補助電極としては白金電極（ビー・エー・エス（株）製、VC-3用Ptカウンター電極（5 cm））を、参照電極としてはAg/Ag⁺電極（ビー・エー・エス（株）製、RE7非水溶媒系参照電極）をそれぞれ用いた。なお、測定は室温（20以上25℃以下）で行った。また、CV測定時のスキャン速度は、0.1 V/secに統一し、参照電極に対する酸化電位E_a [V] および還元電位E_c [V] を測定した。E_aは酸化-還元波の中間電位とし、E_cは還元-酸化波の中間電位とした。ここで、本実施例で用いる参照電極の真空準位に対するポテンシャルエネルギーは、-4.94 [eV] であることが分かっているため、HOMO準位 [eV] = -4.94 - E_a、LUMO準位 [eV] = -4.94 - E_c という式から、HOMO準位およびLUMO準位をそれぞれ求めることができる。

[0288]

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

[0289]

酸化電位 E_a [V] の測定結果より、DBTPIPt-I IのHOMO準位は -5.89 eV であることがわかった。また、還元電位 E_c [V] の測定結果より、DBTPIPt-I IのLUMO準位は -2.35 eV であることがわかった。また、酸化還元波の繰り返し測定においては、 E_a 測定で89%のピーク強度を保っていたことから、DBTPIPt-I Iは酸化に対する耐性が非常に良好であることが確認された。

[実施例2]

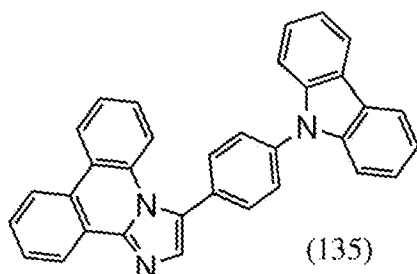
[0290]

《合成例2》

本合成例では、実施の形態1において構造式(135)として示した、3-[4-(カルバゾール-9-イル)フェニル]イミダゾ[1,2-f]フェナントリジン(略称:CzPIPt)の合成方法について具体的に説明する。CzPIPtの構造式を下に示す。

[0291]

[化27]



[0292]

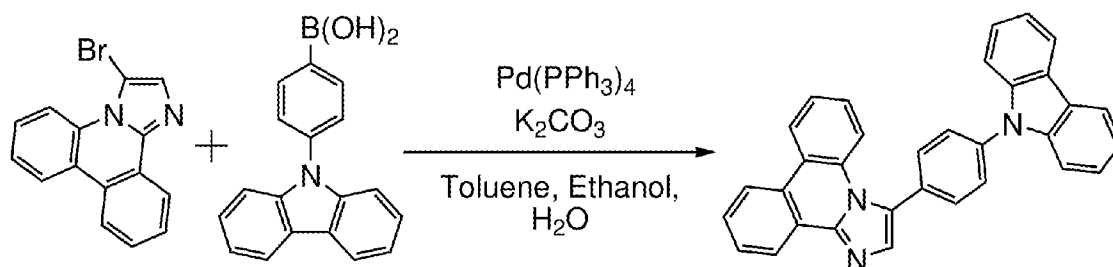
＜ステップ1；3-[4-(カルバゾール-9-イル)フェニル]イミダゾ[1,2-f]フェナントリジン(略称:CzPIPt)の合成＞

200mL三口フラスコに3-ブロモイミダゾ[1,2-f]フェナントリジン0.80g(2.7mmol)、4-(カルバゾール-9-イル)フェニルボロン酸1.3g(4.4mmol)、炭酸カリウム1.0g(7.5mmol)、トルエン30mL、エタノール3mL、水3mLを加えた。この混合物を、減圧下で攪拌することで脱気し、フラスコ内を窒素置換した。この混合物に、テトラキス(トリフェニルホスフィン)パラジウム(0)0.17g(0.15mmol)を加え、窒素気流下、80℃で9時間攪拌した後、100℃で6時間還流した。還流後、この混合物に水を加え、水層と有機層を分離し、水層をトルエンで抽出した。得られた抽出溶液と有機層を合わせて飽和炭酸水素ナトリウム水溶液、飽和食塩水で洗浄した後、硫酸マグネシウムで乾燥した。この混合物を自然濾過して、ろ液を濃縮して固体を得た。得られた固体をシリカゲルカラムクロマトグラフィー(トルエン：酢酸エチル=20：1)とアルミナカラムクロマトグラフィー(トルエン：酢酸エチル=50：1)で精製し、固体を得た。この固体をトルエンで再結晶したところ、目的物の白色粉末を収量0.86g、収率69%で得た。得られた白色粉末0.85gをトレインサブリーション法により圧力3.0Pa、アルゴン流量5.0mL/min、260℃の条件で16時間

かけて昇華精製した。昇華精製後白色固体を0.77g、回収率91%で得た。ステップ1の合成スキームを以下に示す。

[0293]

[化28]



[0294]

上記ステップ1で得られた白色固体の核磁気共鳴分光法 ($^1\text{H-NMR}$) による分析結果を下に示す。また、 $^1\text{H-NMR}$ チャートを図17Aおよび図17Bに示す。このことから、本合成例において、本発明の有機化合物であるCzPIPtが得られたことがわかった。

[0295]

$^1\text{H NMR}$ (CDCl_3 , 300MHz) : $\delta = 7.32-7.41$ (m, 3H), 7.45-7.52 (m, 3H), 7.57-7.61 (m, 3H), 7.67-7.81 (m, 7H), 8.19 (d, $J = 7.8\text{ Hz}$, 2H), 8.40-8.44 (m, 1H), 8.52 (dd, $J = 8.4\text{ Hz}$, 1.5 Hz , 1H), 8.74-8.79 (m, 1H)。

[0296]

次に、CzPIPtのトルエン溶液の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを図18に示す。また、薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを図19に示す。固体薄膜は石英基板上に真空蒸着法にて作成した。吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計 (株) 日本分光製 V550型) を用いた。溶液状態の吸収スペクトルは、溶媒のみを石英セルに入れて測定した吸収スペクトルを、CzPIPtの溶液を石英セルに入れて測定した吸収スペクトルから差し引くことで得た。また、薄膜の吸収スペクトルは、石英基板の吸収スペクトルを石英基板上に成膜したCzPIPtの吸収スペクトルから差し引くことで得た。また、発光スペクトルの測定には、蛍光光度計 (株) 浜松ホトニクス製 FS920) を用いた。

[0297]

図18より、CzPIPtのトルエン溶液は340nm、327nm、294nm付近に吸収ピークが見られ、発光波長のピークは416nm (励起波長342nm) であった。また、図19より、CzPIPtの薄膜は344nm、331nm、297nm付近に吸収ピークが見られ、発光波長のピークは425nm付近 (励起波長343nm) であった。この結果、本発明の一態様の有機化合物であるCzPIPtは、発光物質および可視域の蛍光発光物質のホスト輸送材料として有効に利用可能であることがわかった。

[0298]

また、CzPIPt薄膜は、大気下においても凝集しにくく、変化が小さい良好な膜質であることがわかった。

[0299]

続いて、CzPIPtのHOMO準位およびLUMO準位をサイクリックボルタンメトリ (CV)

測定を元に算出した。算出方法は合成例1で説明したため、繰り返しとなる記載は割愛する。

[0300]

この結果、酸化電位 E_a [V] の測定によって、CzPIPtのHOMO準位は -5.89 eV 、還元電位 E_c [V] の測定によって、CzPIPtのLUMO準位は -2.30 eV であることがわかった。

[実施例3]

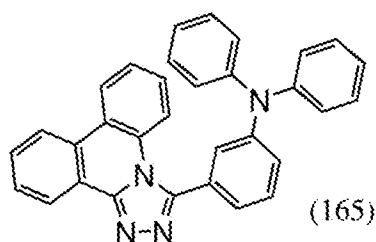
[0301]

《合成例3》

本合成例では、実施の形態1において構造式(165)として示した3-(1,2,4-トリアゾロ[4,3-f]フェナントリジン-3-イル)トリフェニルアミン(略称:mDP h A T P t)の合成方法について具体的に説明する。mDP h A T P tの構造式を下に示す。

[0302]

[化29]



[0303]

<ステップ1; 3-(1,2,4-トリアゾロ[4,3-f]フェナントリジン-3-イル)トリフェニルアミン(略称:mDP h A T P t)の合成>

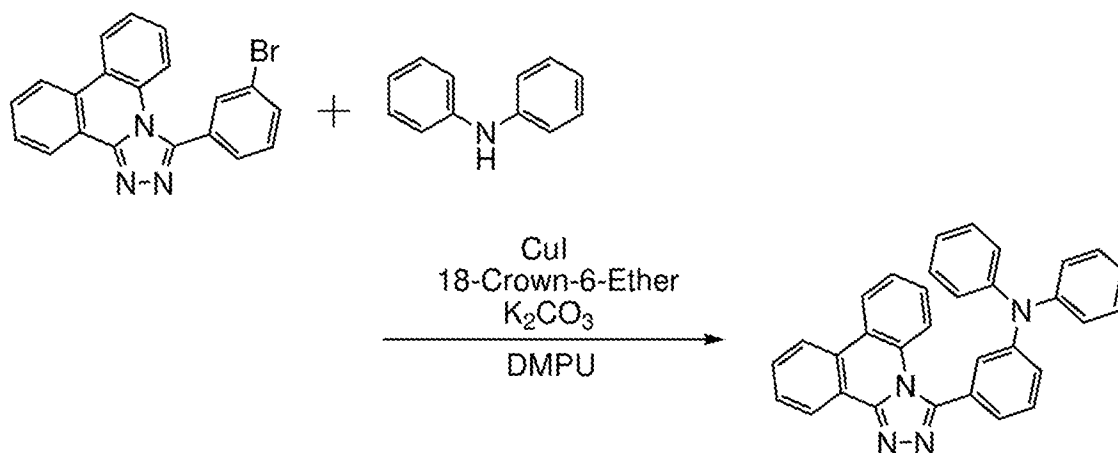
100 mL三口フラスコに3-(3-プロモフェニル)-1,2,4-トリアゾロ[4,3-f]フェナントリジン1.5 g (3.9 mmol)、ジフェニルアミン0.67 g (4.0 mmol)、ヨウ化銅(I) 0.14 g (0.74 mmol)、18-クラウン-6-エーテル0.14 g (0.52 mmol)、炭酸カリウム1.1 g (8.2 mmol)、1,3-ジメチル-3,4,5,6-テトラヒドロ-2(1H)-ピリミジノン(略称:DMPU) 3 mLを加えた。この混合物を、窒素気流下、180°Cで17時間攪拌した。攪拌後、この混合物を室温まで降温し、クロロホルムを加えた。この混合物を水、飽和炭酸水素ナトリウム水溶液、飽和食塩水で洗浄し、有機層を硫酸マグネシウムで乾燥した。この混合物を自然濾過し、濾液を濃縮して油状物を得た。得られた油状物をシリカゲルカラムクロマトグラフィー(トルエン:酢酸エチル=10:1)で精製した。この固体にメタノールを加えて超音波を照射し、固体を回収した。得られた固体をトルエンで再結晶したところ、目的物の淡黄色粉末を収量0.79 g、収率43%で得た。

[0304]

得られた淡黄色粉末0.77 gをトレインサブリーション法により圧力3.2 Pa、アルゴン流量5.0 mL/min、240°Cの条件で16時間加熱し、昇華精製した。昇華精製後淡黄色粉末を0.63 g、回収率82%で得た。ステップ1の合成スキームを以下に示す。

[0305]

[化30]



[0306]

上記ステップ1で得られた淡黄色粉末の核磁気共鳴分光法 (¹H-NMR) による分析結果を下に示す。また、¹H-NMRチャートを図20Aおよび図20Bに示す。このことから、本合成例において、本発明の有機化合物であるmDP h ATP tが得られたことがわかった。

[0307]

¹H NMR (DMSO-d₆, 300MHz) : δ = 7.02-7.13 (m, 6H), 7.25-7.39 (m, 7H), 7.55-7.64 (m, 4H), 7.74-7.85 (m, 2H), 8.59-8.72 (m, 3H)。

[0308]

次に、mDP h ATP tのトルエン溶液の吸収スペクトルと発光スペクトルを図21に示す。また、薄膜の吸収スペクトルと発光スペクトルを図22に示す。固体薄膜は石英基板上に真空蒸着法にて作成した。吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計 (株) 日本分光製 V550型) を用いた。溶液状態の吸収スペクトルは、溶媒のみを石英セルに入れて測定した吸収スペクトルを、mDP h ATP tの溶液を石英セルに入れて測定した吸収スペクトルから差し引くことで得た。また、薄膜の吸収スペクトルは、石英基板の吸収スペクトルを石英基板上に成膜したmDP h ATP tの吸収スペクトルから差し引くことで得た。また、発光スペクトルの測定には、蛍光光度計 (株) 浜松ホトニクス製 FS920) を用いた。

[0309]

図21より、mDP h ATP tのトルエン溶液は301nm、282nm付近に吸収ピークが見られ、発光波長のピークは415nm付近 (励起波長306nm) であった。また、図22より、mDP h ATP tの薄膜は304nm、281nm、258nm付近に吸収ピークが見られ、発光波長のピークは418nm付近 (励起波長307nm) に見られた。この結果、本発明の一態様の有機化合物であるmDP h ATP tは発光物質および可視域の蛍光発光物質のホスト輸送材料として有効に利用可能であることがわかった。

[0310]

また、mDP h ATP t薄膜は、大気下においても凝集しにくく、形態の変化が小さい良好な膜質であることがわかった。

[0311]

mDP h ATP tのHOMO準位およびLUMO準位をサイクリックボルタンメトリ (CV) 測定を元に算出した。算出方法は、合成例1で説明したため、繰り返しとなる記載は割愛する。

[0312]

酸化電位 E_a [V] の測定結果より、mDP h A T P t の HOMO 準位は -5.62 eV であることがわかった。また、還元電位 E_c [V] の測定結果より、mDP h A T P t の LUMO 準位は -2.36 eV であることがわかった。また、酸化-還元波の繰り返し測定においては、 E_a 測定で 91% のピーク強度を保っていたことから、mDP h A T P t は酸化に対する耐性が非常に良好であることが確認された。

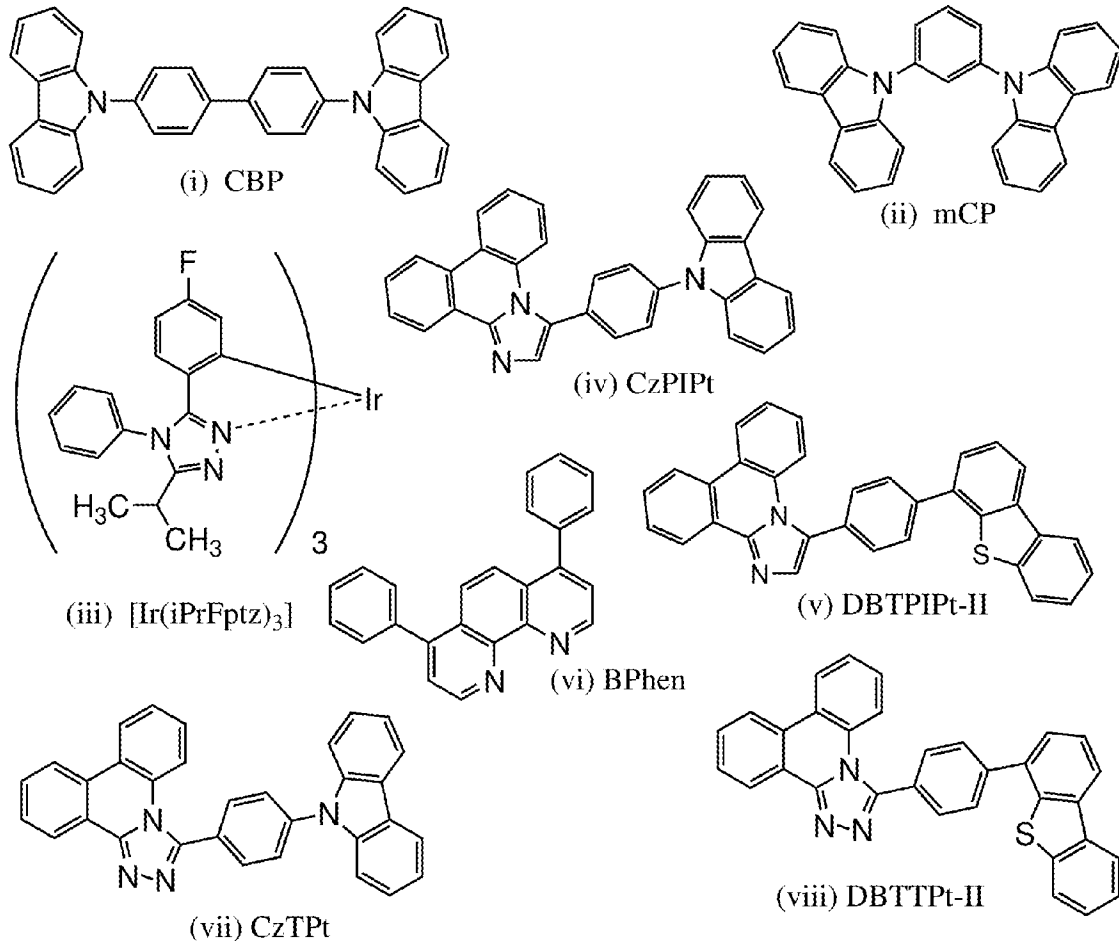
[実施例 4]

[0313]

本実施例では、本発明の一態様の発光デバイス 1 および比較例である比較発光デバイス 1 について説明する。本実施例で用いた有機化合物の構造式を以下に示す。

[0314]

[化 3 1]



[0315]

(発光デバイス 1 の作製方法)

まず、ガラス基板の上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物 (ITO) をスパッタリング法にて成膜し、第 1 の電極 101 を形成した。なお、その膜厚は 110 nm とし、電極面積は $2 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$ とした。

[0316]

次に、基板の上に発光デバイスを形成するための前処理として、基板表面を水で洗浄し、 200°C で

1時間焼成した後、UVオゾン処理を370秒行った。

[0317]

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

[0318]

次に、第1の電極101が形成された面が下方となるように、第1の電極101が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、第1の電極101上に、抵抗加熱を用いた蒸着法により上記構造式(i)で表される4,4'-ジ(カルバゾール-9-イル)ビフェニル(略称:CBP)とモリブデン酸化物とを、重量比で4:2(=CBP:モリブデン酸化物)となるように60nm共蒸着して正孔注入層111を形成した。

[0319]

次に、正孔注入層111上に、上記構造式(ii)で表される1,3-ビス(カルバゾール-9-イル)ベンゼン(略称:mCP)を膜厚20nmとなるように蒸着して正孔輸送層112を形成した。

[0320]

続いて、mCPと上記構造式(iii)で表されるトリス[3-(4-フルオロフェニル)-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(Ir(PrFpz)₃) (略称:[Ir(PrFpz)₃])とを、重量比で1:0.08(=mCP:[Ir(PrFpz)₃])となるように10nm共蒸着して第1の発光層を形成した後、上記構造式(iv)で表される3-[4-(カルバゾール-9-イル)フェニル]イミダゾ[1,2-f]フェナントリジン(略称:CzPIPt)と[Ir(PrFpz)₃]とを、重量比で1:0.08(=CzPIPt:[Ir(PrFpz)₃])となるように20nm共蒸着し第2の発光層を形成し、さらに上記構造式(v)で表される3-[4-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]イミダゾ[1,2-f]フェナントリジン(略称:DBTPIPt-II)と[Ir(PrFpz)₃]とを、重量比で1:0.08(=DBTPIPt-II:[Ir(PrFpz)₃])となるように10nm共蒸着して第3の発光層を形成し、発光層113を形成した。

[0321]

その後、発光層113上に、上記構造式(vi)で表されるバソフェナントロリン(略称:Bphen)を膜厚15nmとなるように蒸着し、電子輸送層114を形成した。

[0322]

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

[0323]

(発光デバイス2の作製方法)

発光デバイス2は、発光デバイス1におけるCzPIPtをDBTPIPt-IIに変えた他は発光デバイス1と同様に作製した。

[0324]

(比較発光デバイス1の作製方法)

比較発光デバイス1は、発光デバイス1におけるCzPIPtを上記構造式(vii)で表される

3-[4-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]-1,2,4-トリアゾロ[4,3-f]フェナントリジン(略称:CzTPt)に変え、DBTPIPt-IIを上記構造式(viii)で表される3-[4-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-1,2,4-トリアゾロ[4,3-f]フェナントリジン(略称:DBTTPt-II)に変えた他は発光デバイス1と同様に作製した。

[0325]

(比較発光デバイス2の作製方法)

比較発光デバイス2は発光デバイス2におけるDBTPIPt-IIをDBTTPt-IIに変えた他は発光デバイス2と同様に作製した。

[0326]

上記発光デバイス1、発光デバイス2、比較発光デバイス1及び比較発光デバイス2の積層構造を以下の表にまとめる。

[0327]

[表1]

機能層名		構成材料	重量比	膜厚 (nm)
電子注入層		LiF		1
電子輸送層		BPhen		15
発光層	3	*2:[Ir(iPrFptz) ₃]	1:0.08	10
	2	*1:[Ir(iPrFptz) ₃]	1:0.08	20
	1	mCP:[Ir(iPrFptz) ₃]	1:0.08	10
正孔輸送層		mCP		20
正孔注入層		CBP:MoOx	4:2	60

発光デバイス1 *1:CzPIPt,*2:DBTPIPt-II

発光デバイス2 *1:DBTPIPt-II,*2:DBTPIPt-II

比較発光デバイス1 *1:CzTPt,*2:DBTTPt-II

比較発光デバイス2 *1:DBTTPt-II,*2:DBTTPt-II

[0328]

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

[0329]

発光デバイス1、発光デバイス2、比較発光デバイス1及び比較発光デバイス2の輝度-電流密度特性を図23に、電流効率-輝度特性を図24に、輝度-電圧特性を図25に、電流-電圧特性を図26に、外部量子効率-輝度特性を図27に、発光スペクトルを図28に示した。また、発光デバイス1の1000cd/m²付近における主要な特性を表2に示す。輝度およびCIE色度の測定には色彩輝度計(トプコン社製、BM-5A)を用い、発光スペクトルの測定にはマルチチャンネル分光器(浜松ホトニクス社製、PMA-11)を用いた。また、各発光デバイスの測定は室温(23℃に保たれた雰囲気)で行った。

[0330]

[表2]

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度 _x	色度 _y	電流効率 (cd/A)	外部量子 効率(%)
発光デバイス1	4.5	0.10	2.5	0.179	0.242	15.7	9.2
発光デバイス2	4.8	0.26	6.4	0.180	0.244	15.1	8.8
比較発光デバイス1	5.1	0.31	7.7	0.185	0.257	15.4	8.4
比較発光デバイス2	5.1	0.47	11.9	0.183	0.247	10.4	5.9

[0331]

図28より、本発明の一態様の発光デバイス1、発光デバイス2、比較発光デバイス1および比較発光デバイス2、青色のりん光ドーパントである $[Ir(iPrFpz)_3]$ 由来の発光が得られていることがわかる。また、図27より、本発明の一態様の発光デバイス1および発光デバイス2は、外部量子効率が良好であることがわかった。つまり本発明の一態様の CzPIP t および DBTPIP t - I I は、青燐光素子の発光層のホスト用材料として、好適であり、特に CzPIP t が良好であることがわかった。そのため、CzPIP t および DBTPIP t - I I は、青燐光材料のホストとして用いることができる、高い T1 準位を有する有機化合物であることがわかった。また図26から、本発明の一態様の発光デバイス1および発光デバイス2は、十分低い駆動電圧で駆動できることがわかった。

[0332]

また、初期輝度 300 cd/m^2 、電流密度一定の条件において駆動時間に対する輝度の変化を、図29に示した。図29に示したように、本発明の一態様の発光デバイスである発光デバイス1および発光デバイス2は寿命の良好な発光デバイスであることが分かった。一方、初期特性において良好な特性を示した比較発光デバイス1は、輝度の低下が早く寿命の短い発光デバイスであることがわかった。

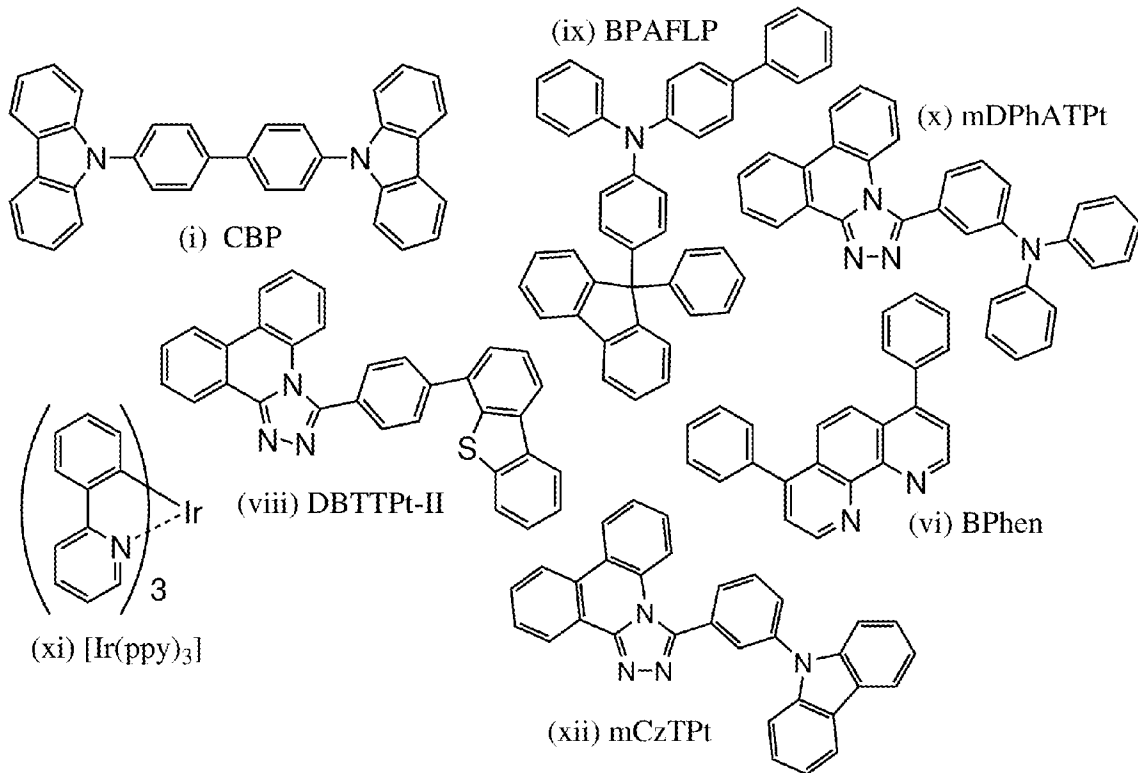
[実施例5]

[0333]

本実施例では、本発明の一態様の発光デバイス3および比較例である比較発光デバイス3について説明する。本実施例で用いた有機化合物の構造式を以下に示す。

[0334]

[化32]



[0335]

(発光デバイス3の作製方法)

まず、ガラス基板の上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物 (ITO) をスパッタリング法にて成膜し、第1の電極101を形成した。なお、その膜厚は110nmとし、電極面積は2mm×2mmとした。

[0336]

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

[0337]

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

[0338]

次に、第1の電極101が形成された面が下方となるように、第1の電極101が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、第1の電極101上に、抵抗加熱を用いた蒸着法により上記構造式(i)で表される4,4'-ジ(カルバゾール-9-イル)ピフェニル(略称:CBP)とモリブデン酸化物とを、重量比で4:2(=CBP:モリブデン酸化物)となるように60nm共蒸着して正孔注入層111を形成した。

[0339]

次に、正孔注入層111上に、上記構造式(ix)で表される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)を膜厚30nmとなるように蒸着して正孔輸送層112を形成した。

[0340]

続いて、上記構造式(x)で表される3-(1,2,4-トリアゾロ[4,3-f]フェナントリ

ジン-3-イル) トリフェニルアミン (略称: mDP h A T P t) と、上記構造式 (x i) で表されるトリス (2-フェニルピリジナト-N, C 2') イリジウム (I I I) (略称: [I r (p p y) 3]) とを、重量比で1:0.08 (=mDP h A T P t : [I r (p p y) 3]) となるように30nm共蒸着して発光層113を形成した。

[0341]

その後、発光層113上に、上記構造式 (v i i i) で表される3-[4-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-1,2,4-トリアゾロ [4,3-f] フェナントリジン (略称: DB T T P t - I I) を膜厚15nmとなるように蒸着して第1の電子輸送層を形成した後、上記構造式 (v i) で表されるバソフェナントロリン (略称: B p h e n) を膜厚15nmとなるように蒸着し第2の電子輸送層を形成し電子輸送層114を形成した。

[0342]

電子輸送層114を形成した後、フッ化リチウム (L i F) を、1nm蒸着して電子注入層115を形成し、続いてアルミニウムを200nmの膜厚となるように蒸着することで第2の電極102を形成して本実施例の発光デバイス3を作製した。

[0343]

(比較発光デバイス3の作製方法)

比較発光デバイス3は、発光デバイス3におけるmDP h A T P tを上記構造式 (x i i) で表される3-[3-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]-1,2,4-トリアゾロ [4,3-f] フェナントリジン (略称: mC z T P t) に変えた他は発光デバイス3と同様に作製した。

[0344]

上記発光デバイス3および比較発光デバイス3の積層構造を以下の表にまとめる。

[0345]

[表3]

発光デバイス3

機能層名	構成材料	重量比	膜厚 (nm)
電子注入層	LiF	-	1
電子輸送層	2 BPhen	-	15
	1 DBTTPt-II	-	15
発光層	mDP h A T P t : [I r (p p y) 3]	1:0.08	30
正孔輸送層	BPAFLP	-	30
正孔注入層	CBP:MoOx	4:2	60

比較発光デバイス3

機能層名	構成材料	重量比	膜厚 (nm)
電子注入層	LiF	-	1
電子輸送層	2 BPhen	-	15
	1 DBTTPt-II	-	15
発光層	mC z T P t : [I r (p p y) 3]	1:0.08	30
正孔輸送層	BPAFLP	-	30
正孔注入層	CBP:MoOx	4:2	60

[0346]

上記発光デバイス 3 および比較発光デバイス 3 を、窒素雰囲気グローブボックス内において、大気に曝されないようにガラス基板により封止する作業（シール材を素子の周囲に塗布し、封止時に UV 処理、80℃にて1時間熱処理）を行った後、この発光デバイスの初期特性について測定を行った。

[0347]

発光デバイス 1 および比較発光デバイス 3 の輝度－電流密度特性を図 30 に、電流効率－輝度特性を図 31 に、輝度－電圧特性を図 32 に、電流－電圧特性を図 33 に、外部量子効率－輝度特性を図 34 に、輝度－電力効率特性を図 35 に、発光スペクトルを図 36 に示した。また、発光デバイス 3 および比較発光デバイス 3 の 1000 cd/m² 付近における主要な特性を表 4 に示す。輝度および CIE 色度の測定には色彩輝度計（トプコン社製、BM-5A）を用い、発光スペクトルの測定にはマルチチャンネル分光器（浜松ホトニクス社製、PMA-11）を用いた。また、各発光デバイスの測定は室温（23℃に保たれた雰囲気）で行った。

[0348]

[表 4]

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度 _x	色度 _y	電流効率 (cd/A)	電力効率 (lm/W)	外部量子効率 (%)
発光デバイス 3	3.6	0.05	1.3	0.329	0.625	48.0	41.9	13.7
比較発光デバイス 3	3.8	0.09	2.3	0.333	0.621	43.2	35.7	12.7

[0349]

図 36 より、本発明の一態様の発光デバイス 3 及び比較発光デバイス 3 は、緑色のりん光ドーパントである [Ir(ppp)₃] 由来の発光が得られていることがわかる。また、図 31、図 34、図 35 より、本発明の一態様の発光デバイス 3 は、比較発光デバイス 3 よりも電流効率、外部量子効率、電力効率の良好な EL デバイスであることがわかった。また図 33 より、本発明の一態様の発光デバイス 3 は駆動電圧が低く、消費電力の低い発光デバイスであることがわかった。以上のことから本発明の一態様の mDP h A T P t は、緑燐光素子の発光層のホスト用材料として、好適であることがわかった。そのため、mDP h A T P t は、緑燐光材料のホストとして用いることができる、高い T1 準位を有する有機化合物であることがわかった。

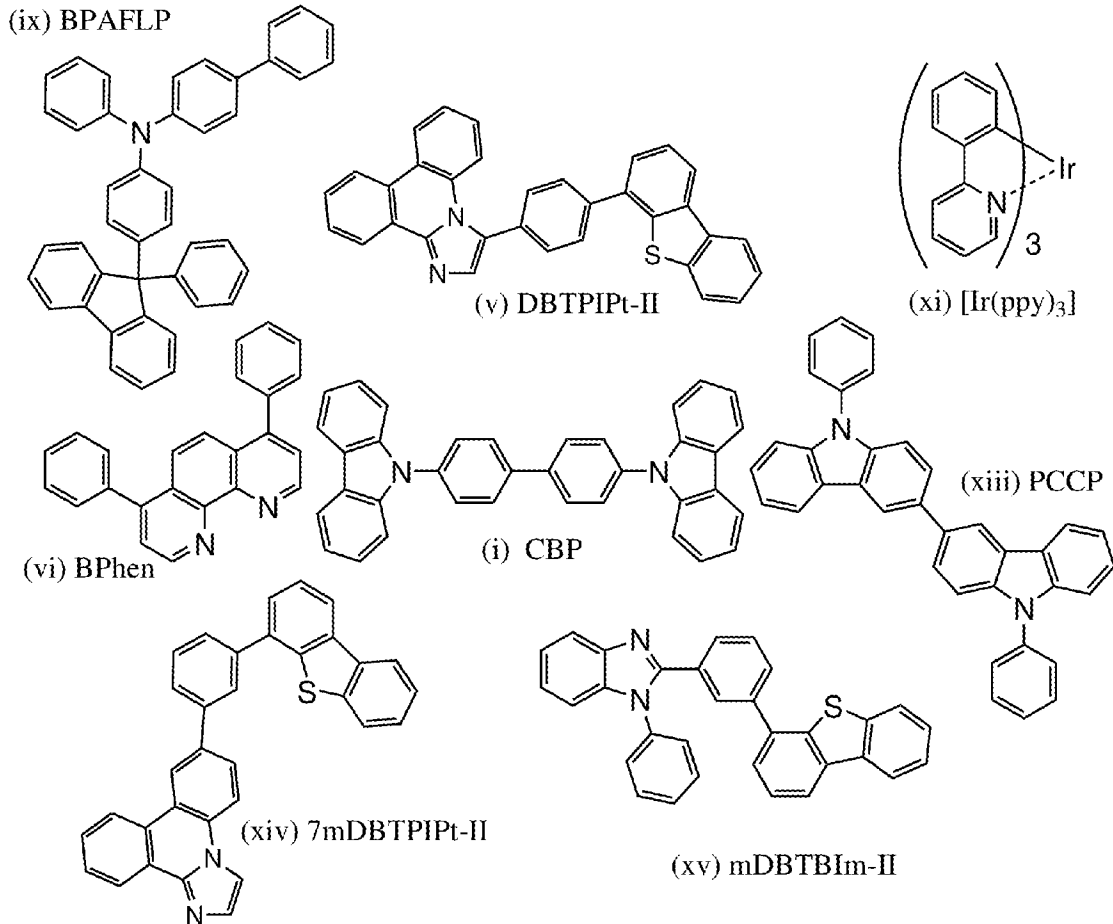
[実施例 6]

[0350]

本実施例では、本発明の一態様の発光デバイス 4 および比較例である比較発光デバイス 4 について説明する。本実施例で用いた有機化合物の構造式を以下に示す。

[0351]

[化 33]



[0352]

(発光デバイス4の作製方法)

まず、ガラス基板の上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物 (ITO) をスパッタリング法にて成膜し、第1の電極101を形成した。なお、その膜厚は110nmとし、電極面積は2mm×2mmとした。

[0353]

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

[0354]

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

[0355]

次に、第1の電極101が形成された面が下方となるように、第1の電極101が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、第1の電極101上に、抵抗加熱を用いた蒸着法により上記構造式(ix)で表される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)とモリブデン酸化物とを、重量比で4:2(=BPAFLP:モリブデン酸化物)となるように50nm共蒸着して正孔注入層111を形成した。

[0356]

次に、正孔注入層111上に、BPAFLPを膜厚20nmとなるように蒸着して正孔輸送層11

2を形成した。

[0357]

続いて、上記構造式(v)で表される3-[4-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]イミダゾ[1,2-f]フェナントリジン(略称:DBTPIPt-II)と、上記構造式(xi)で表されるトリス(2-フェニルピリジナト-N, C2')イリジウム(III)(略称:[Ir(ppy)₃])とを、重量比で1:0.06(=DBTPIPt-II:[Ir(ppy)₃])となるように30nm共蒸着して発光層113を形成した。

[0358]

その後、発光層113上に、DBTPIPt-IIを膜厚30nmとなるように蒸着して第1の電子輸送層を形成した後、上記構造式(vi)で表されるバソフェナントロリン(略称:Bphen)を膜厚15nmとなるように蒸着して第2の電子輸送層を形成して電子輸送層114を形成した。

[0359]

電子輸送層114を形成した後、フッ化リチウム(LiF)を、1nm蒸着して電子注入層115を形成し、続いてアルミニウムを200nmの膜厚となるように蒸着することで第2の電極102を形成して本実施例の発光デバイス4を作製した。

[0360]

(比較発光デバイス4の作製方法)

比較発光デバイス4は、発光デバイス4とりん光ドープメントを同一とした発光デバイスである。比較発光デバイス4は、発光デバイス4の正孔注入層におけるBPAFLPを上記構造式(i)で表される4,4-ジ(N-カルバゾリル)ビフェニル(略称:CBP)に、正孔輸送層におけるBPAPFLPを上記構造式(xiii)で表される3,3'-ビス(9-フェニル-9H-カルバゾール)(略称:PCCP)に、発光層におけるDBTPIPt-IIを上記構造式(xiv)で表される7-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]イミダゾ[1,2-f]フェナントリジン(略称:7mDBTPIPt-II)に、電子輸送層におけるDBTPIPt-IIを上記構造式(xv)で表されるN-フェニル-2-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]ベンゾイミダゾール(略称:mDBTBIm-II)に変えて作製した。また、正孔注入層111と、発光層113および第2の電子輸送層の膜厚は各々60nm、40nmおよび20nmとした。比較発光デバイス4における、上記以外の材料および膜厚は発光デバイス4と同一である。

[0361]

上記発光デバイス4および比較発光デバイス4の積層構造を以下の表にまとめる。

[0362]

[表5]

発光デバイス4

機能層名	構成材料	重量比	膜厚 (nm)
電子注入層	LiF	-	1
電子輸送層	BPhen	-	15
	DBTPIPt-II	-	15
発光層	DBTPIPt-II: [Ir(ppy) ₃]	1:0.06	30
正孔輸送層	BPAFLP	-	20
正孔注入層	BPAFLP: MoO _x	4:2	50

比較発光デバイス4

機能層名	構成材料	重量比	膜厚 (nm)
電子注入層	LiF	-	1
電子輸送層	BPhen	-	20
	mDBTBIIm-II	-	15
発光層	7mDBTPIPt-II: [Ir(ppy) ₃]	1:0.06	40
正孔輸送層	PCCP	-	20
正孔注入層	CBP: MoO _x	4:2	60

[0363]

上記発光デバイス4および比較発光デバイス4を、窒素雰囲気グローブボックス内において、大気に曝されないようにガラス基板により封止する作業（シール材を素子の周囲に塗布し、封止時にUV処理、80℃にて1時間熱処理）を行った後、この発光デバイスの初期特性について測定を行った。

[0364]

発光デバイス4および比較発光デバイス4の輝度-電流密度特性を図37に、電流効率-輝度特性を図38に、輝度-電圧特性を図39に、電流-電圧特性を図40に、外部量子効率-輝度特性を図41に、輝度-電力効率特性を図42に、発光スペクトルを図43に示した。また、発光デバイス4および比較発光デバイス4の1000 cd/m²付近における主要な特性を表6に示す。輝度およびCIE色度の測定には色彩輝度計（トプコン社製、BM-5A）を用い、発光スペクトルの測定にはマルチチャンネル分光器（浜松ホトニクス社製、PMA-11）を用いた。また、各発光デバイスの測定は室温（23℃に保たれた雰囲気）で行った。

[0365]

[表6]

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度 _x	色度 _y	電流効率 (cd/A)	電力効率 (lm/W)	外部量子効率(%)
発光デバイス4	4.0	0.09	2.4	0.326	0.618	43.8	34.4	12.8
比較発光デバイス4	4.8	0.12	3.1	0.307	0.621	38.7	25.3	11.6

[0366]

図43より、本発明の一態様の発光デバイス4および比較発光デバイス4は、緑色のりん光ドーパントである [Ir(ppy)₃] 由来の発光が得られていることがわかる。また、図38、図41、図42より、本発明の一態様の発光デバイス4は、比較発光デバイス4よりも電流効率、外部量子効率、電力効率の良好なELデバイスであることがわかった。また、図40より、本発明の一態様

の発光デバイス4は、駆動電圧が低く、消費電力の低い発光デバイスであることがわかった。以上より、本発明の一態様のDBTPIPt-IIIは、緑燐光素子の発光層のホスト用材料として、好適であることが分かった。このことから、DBTPIPt-IIIは、緑燐光材料のホストとして用いることができる、高いT1準位を有する有機化合物であることがわかった。これは、7mDBTPIPt-IIIのように4-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]イミダゾ[1,2-f]フェナントリジン骨格の7位に置換基を付けるよりも、DBTPIPt-IIIのように3位に置換基を付ける方が、T1準位が高く、より短波長なりん光ドープントを励起でき、高効率になるということを示唆する。また、DBTPIPt-IIIは、電子輸送層として用いると、電子輸送性が高く、駆動電圧を低くすることができ、好適であることがわかった。

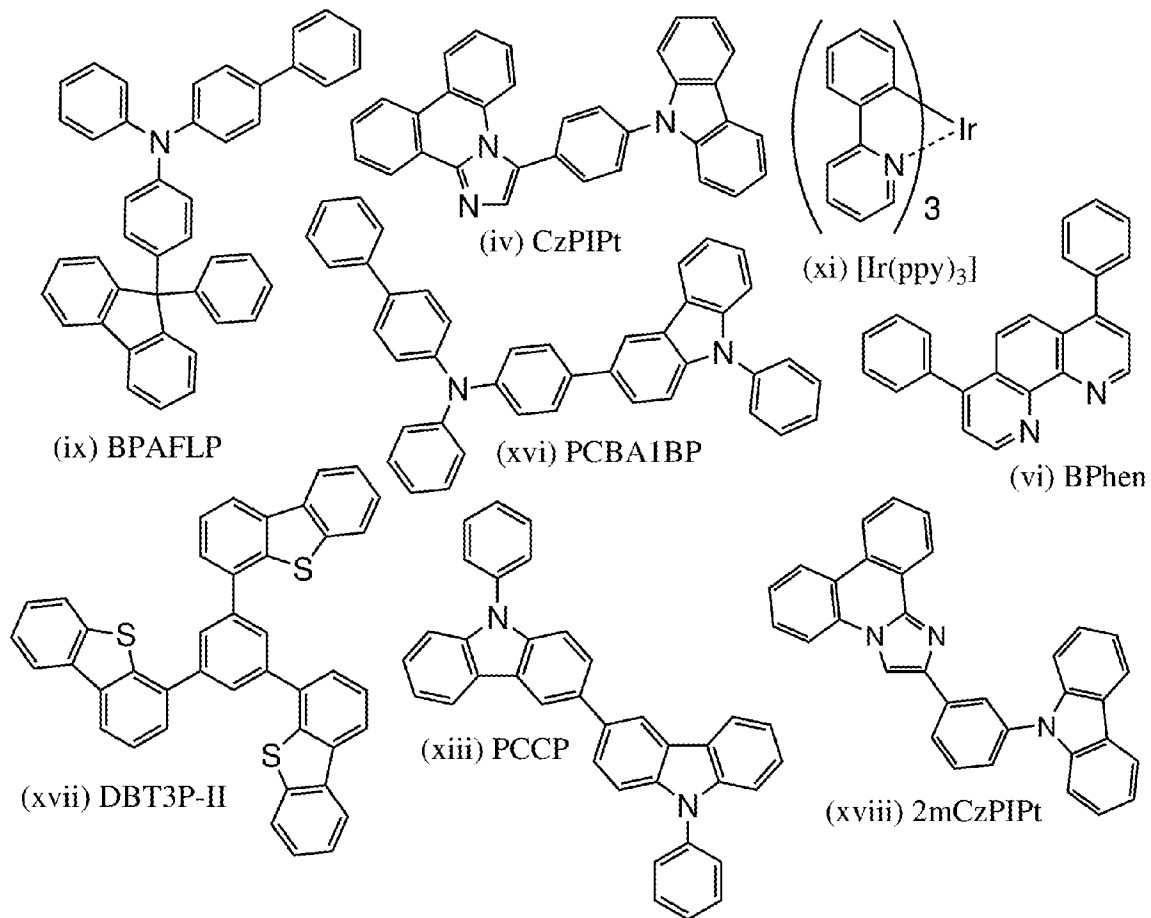
[実施例7]

[0367]

本実施例では、実施の形態で説明した本発明の一態様の発光デバイス5および比較例である比較発光デバイス5について説明する。本実施例で用いた有機化合物の構造式を以下に示す。

[0368]

[化34]



[0369]

(発光デバイス5の作製方法)

まず、ガラス基板の上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物 (ITO) をスパッタリング法にて成膜し、第1の電極101を形成した。なお、その膜厚は110nmとし、電極面積は2mm×2mmとした。

[0370]

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

[0371]

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

[0372]

次に、第1の電極101が形成された面が下方となるように、第1の電極101が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、第1の電極101上に、抵抗加熱を用いた蒸着法により上記構造式(i x)で表される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:BPFLP)とモリブデン酸化物とを、重量比で2:1(=BPFLP:モリブデン酸化物)となるように50nm共蒸着して正孔注入層111を形成した。

[0373]

次に、正孔注入層111上に、BPFLPを膜厚20nmとなるように蒸着して正孔輸送層112を形成した。

[0374]

続いて、上記構造式(i v)で表される3-[4-(カルバゾール-9-イル)フェニル]イミダゾ[1,2-f]フェナントリジン(略称:CzPIPt)と、上記構造式(x v i)で表される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)と、上記構造式(x i)で表されるトリス(2-フェニルピリジナト-N, C2')イリジウム(III)(略称:[Ir(ppy)₃])とを、重量比で1:0.3:0.06(=CzPIPt:PCBA1BP:[Ir(ppy)₃])となるように20nm共蒸着して第1の発光層を形成した後、CzPIPtと、[Ir(ppy)₃]とを重量比で1:0.06(=CzPIPt:[Ir(ppy)₃])となるように共蒸着して第2の発光層を形成することで発光層113を形成した。

[0375]

その後、発光層113上に、CzPIPtを膜厚15nmとなるように蒸着して第1の電子輸送層を形成した後、上記構造式(v i)で表されるバソフェナントロリン(略称:Bphen)を膜厚15nmとなるように蒸着して第2の電子輸送層を形成することで電子輸送層114を形成した。

[0376]

電子輸送層114を形成した後、フッ化リチウム(LiF)を、1nm蒸着して電子注入層115を形成し、続いてアルミニウムを200nmの膜厚となるように蒸着することで第2の電極102を形成して本実施例の発光デバイス5を作製した。

[0377]

(比較発光デバイス5の作製方法)

比較発光デバイス5は、発光デバイス5とりん光ドーパントを同一とした発光デバイスである。比較発光デバイス5は、発光デバイス5の正孔注入層におけるBPFLPを上記構造式(x v i i)で表される4,4',4''-(ベンゼン-1,3,5-トリイル)トリ(ジベンゾチオフェン)(略称:DBT3P-I I)に、正孔輸送層に用いられたBPFLPと第1の発光層に用いられ

たPCBA1BPを上記構造式(x i i i)で表される3, 3'-ビス(9-フェニル-9H-カルバゾール)(略称:PCCP)に、発光層および第1の電子輸送層に用いられたCzPIPtを上記構造式構造式(x v i i i)で表される2-[3-(カルバゾール-9-イル)フェニル]イミダゾ[1, 2-f]フェナントリジン(略称:2mCzPIPt)に変えて作製した。また、正孔注入層111の膜厚は60nm、第1の電子輸送層の膜厚は10nmとした。比較発光デバイス5における、上記以外の材料および膜厚は発光デバイス5と同一である。

[0378]

上記発光デバイス5および比較発光デバイス5の積層構造を以下の表にまとめる。

[0379]

[表7]

発光デバイス5

機能層名		構成材料	重量比	膜厚 (nm)
電子注入層		LiF	-	1
電子輸送層	2	BPhen	-	15
	1	CzPIPt	-	15
発光層	2	CzPIPt:[Ir(ppy) ₃]	1:0.06	10
	1	CzPIPt:PCBA1BP:[Ir(ppy) ₃]	1:0.3:0.06	20
正孔輸送層		BPAFLP	-	20
正孔注入層		BPAFLP:MoOx	4:2	50

比較発光デバイス5

機能層名		構成材料	重量比	膜厚 (nm)
電子注入層		LiF	-	1
電子輸送層	2	Bphen	-	15
	1	2mCzPIPt	-	10
発光層	2	2mCzPIPt:[Ir(ppy) ₃]	1:0.06	10
	1	2mCzPIP:PCCP:[Ir(ppy) ₃]	1:0.3:0.06	20
正孔輸送層		PCCP	-	20
正孔注入層		DBT3P-II:MoOx	4:2	60

[0380]

上記発光デバイス5および比較発光デバイス5を、窒素雰囲気グローブボックス内において、大気に曝されないようにガラス基板により封止する作業(シール材を素子の周囲に塗布し、封止時にUV処理、80℃にて1時間熱処理)を行った後、初期特性の測定を行った。

[0381]

発光デバイス5および比較発光デバイス5の輝度-電流密度特性を図44に、電流効率-輝度特性を図45に、輝度-電圧特性を図46に、電流-電圧特性を図47に、外部量子効率-輝度特性を図48に、輝度-電力効率特性を図49に、発光スペクトルを図50に示した。また、発光デバイス5および比較発光デバイス5の1000cd/m²付近における主要な特性を表8に示す。輝度およびCIE色度の測定には色彩輝度計(トプコン社製、BM-5A)を用い、発光スペクトルの測定にはマルチチャンネル分光器(浜松ホトニクス社製、PMA-11)を用いた。また、各発光デバイスの測定は室温(23℃に保たれた雰囲気)で行った。

[0382]

[表8]

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度 _x	色度 _y	電流効率 (cd/A)	電力効率 (lm/W)	外部量子 効率(%)
発光デバイス5	4.2	0.06	1.6	0.316	0.622	52.2	39.1	15.3
比較発光デバイス5	4.6	0.06	1.5	0.307	0.608	43.7	29.8	12.8

[0383]

図50より、本発明の一態様の発光デバイス5および比較発光デバイス5は、緑色のりん光ドーパントである $[Ir(ppy)_3]$ 由来の発光が得られていることがわかる。図45、図48、図49より、本発明の一態様の発光デバイス5は、比較発光デバイス5よりも電流効率、外部量子効率、電力効率の良好な発光デバイスであることがわかった。また図47より、本発明の一態様の発光デバイス5は、駆動電圧が低く、消費電力の低い発光デバイスであることがわかった。以上より、本発明の一態様の CzPIPt は、緑燐光素子の発光層のホスト用材料として、好適であることが分かった。そのため、CzPIPt は、緑燐光材料のホストとして用いることができる、高い T1 準位を有する有機化合物であることがわかった。これは、2mCzPIPt のように 4- (ジベンゾチオフェン-4-イル) フェニル] イミダゾ [1, 2-f] フェナントリジン骨格の 2 位に置換基を付けるよりも、CzPIPt のように 3 位に置換基を付ける方が、T1 準位が高く、より短波長なりん光ドーパントを励起でき、高効率になるということを示唆する。また、CzPIPt は、電子輸送層を構成する材料として用いると、電子輸送性が高く、駆動電圧を低くすることができ、好適であることがわかった。

[符号の説明]

[0384]

101：第1の電極、102：第2の電極、103：EL層、111：正孔注入層、112：正孔輸送層、113：発光層、114：電子輸送層、115：電子注入層、116：電荷発生層、117：P型層、118：電子リレー層、119：電子注入バッファ層、400：基板、401：第1の電極、403：EL層、404：第2の電極、405：シール材、406：シール材、407：封止基板、412：パッド、420：ICチップ、501：陽極、502：陰極、511：第1の発光ユニット、512：第2の発光ユニット、513：電荷発生層、601：駆動回路部（ソース線駆動回路）、602：画素部、603：駆動回路部（ゲート線駆動回路）、604：封止基板、605：シール材、607：空間、608：配線、609：FPC（フレキシブルプリントサーキット）、610：素子基板、611：スイッチング用FET、612：電流制御用FET、613：第1の電極、614：絶縁物、616：EL層、617：第2の電極、618：発光デバイス、951：基板、952：電極、953：絶縁層、954：隔壁層、955：EL層、956：電極、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：第1の層間絶縁膜、1021：第2の層間絶縁膜、1022：電極、1024W：第1の電極、1024R：第1の電極、1024G：第1の電極、1024B：第1の電極、1025：隔壁、1028：EL層、1029：第2の電極、1031：封止基板、1032：シール材、1033：透明な基材、1034R：赤色の着色層、1034G：緑色の着色層、1034B：青色の着色層、1035：ブラックマトリクス、1036：オーバーコート層、1037：第3の層間絶縁膜、1040：画素部、1041：駆動回路部、

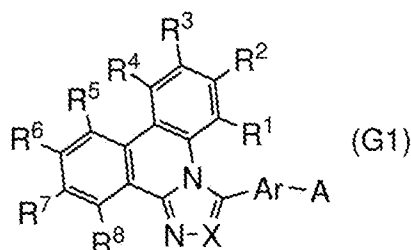
1042 : 周辺部、2001 : 筐体、2002 : 光源、2100 : ロボット、2110 : 演算装置、
2101 : 照度センサ、2102 : マイクロフォン、2103 : 上部カメラ、2104 : スピーカ、
2105 : ディスプレイ、2106 : 下部カメラ、2107 : 障害物センサ、2108 : 移動機構、
3001 : 照明装置、5000 : 筐体、5001 : 表示部、5002 : 表示部、5003 : スピー
カ、5004 : LEDランプ、5006 : 接続端子、5007 : センサ、5008 : マイクロフォ
ン、5012 : 支持部、5013 : イヤホン、5100 : 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、5150 : 携帯情報端末、515
1 : 筐体、5152 : 表示領域、5153 : 屈曲部、5120 : ゴミ、5200 : 表示領域、52
01 : 表示領域、5202 : 表示領域、5203 : 表示領域、7101 : 筐体、7103 : 表示部、
7105 : スタンド、7107 : 表示部、7109 : 操作キー、7110 : リモコン操作機、72
01 : 本体、7202 : 筐体、7203 : 表示部、7204 : キーボード、7205 : 外部接続ポ
ート、7206 : ポインティングデバイス、7210 : 第2の表示部、7401 : 筐体、740
2 : 表示部、7403 : 操作ボタン、7404 : 外部接続ポート、7405 : スピーカ、740
6 : マイク、9310 : 携帯情報端末、9311 : 表示パネル、9313 : ヒンジ、9315 : 筐
体

請求の範囲

[請求項 1]

下記一般式 (G 1) で表される有機化合物。

[化 1]



(ただし、上記一般式 (G 1) において、X は窒素または置換もしくは無置換の炭素を表し、Ar は置換または無置換の炭素数 6 乃至炭素数 12 のアリーレン基を表す。また、R¹ 乃至 R⁸ はそれぞれ独立に水素、炭素数 1 乃至炭素数 6 のアルキル基、炭素数 3 乃至炭素数 7 の環状アルキル基及び置換または無置換の炭素数 6 乃至炭素数 13 のアリール基のいずれかを表す。また、A は X が窒素の場合に置換または無置換のジアリールアミノ基を表し、X が炭素である場合には、置換または無置換のジアリールアミノ基、置換または無置換のカルバゾリル基、置換または無置換のジベンゾチオフェニル基および置換または無置換のジベンゾフラニル基のいずれかを表す。)

[請求項 2]

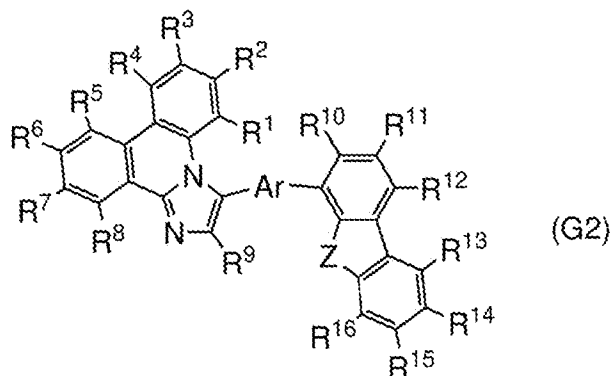
請求項 1 において、

前記 R¹ 乃至 R⁸ が水素である有機化合物。

[請求項 3]

下記一般式 (G 2) で表される有機化合物。

[化 2]



(ただし、上記一般式 (G 2) において、Z は酸素または硫黄を表し、Ar は置換または無置換の炭素数 6 乃至炭素数 12 のアリーレン基を表す。また、R¹ 乃至 R¹⁶ は、それぞれ独立に水素、炭素数 1 乃至炭素数 6 のアルキル基、炭素数 3 乃至炭素数 7 の環状アルキル基および置換または無置換の炭素数 6 乃至炭素数 13 のアリール基のいずれかを表す。)

[請求項 4]

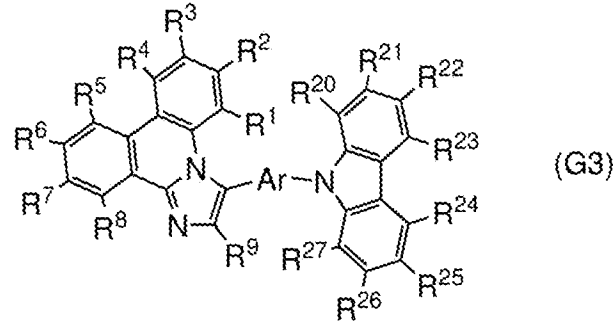
請求項 2 において、

前記 R¹ 乃至 R¹⁶ が水素である有機化合物。

[請求項 5]

下記一般式 (G 3) で表される有機化合物。

[化 3]



(ただし、上記一般式 (G 3) において、Ar は置換または無置換の炭素数 6 乃至炭素数 12 のアリーレン基を表す。また、R¹乃至R⁹およびR²⁰乃至R²⁷は、それぞれ独立に水素、炭素数 1 乃至炭素数 6 のアルキル基、炭素数 3 乃至炭素数 7 の環状アルキル基および置換または無置換の炭素数 6 乃至炭素数 13 のアリール基のいずれかを表す。)

[請求項 6]

請求項 5 において、

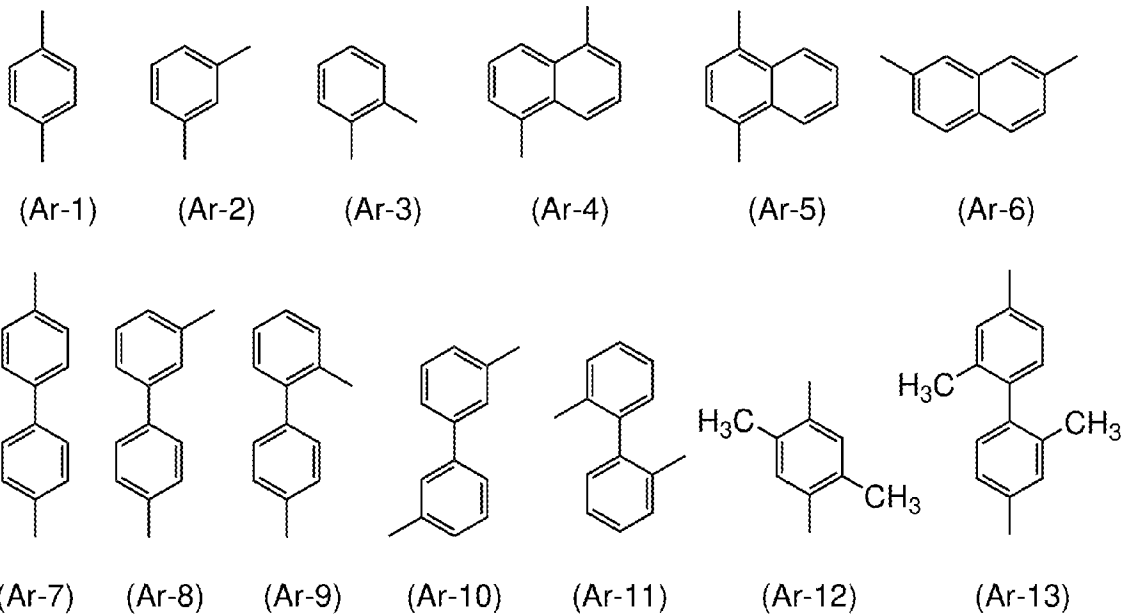
前記 R¹乃至R⁹およびR²⁰乃至R²⁷が水素である有機化合物。

[請求項 7]

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一項において、

前記 Ar が下記構造式 (Ar-1) 乃至 (Ar-13) のいずれかである有機化合物。

[化 4]



[請求項 8]

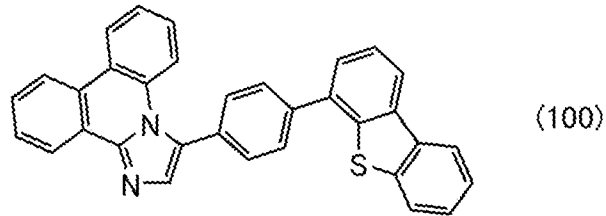
請求項 7 において、

前記 Ar が (Ar-1) である有機化合物。

[請求項 9]

下記構造式 (100) で表される有機化合物。

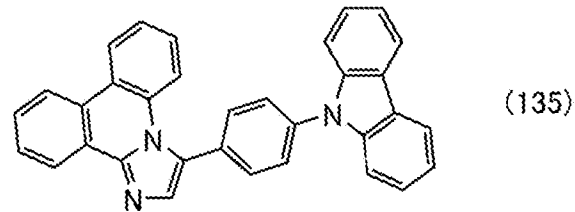
[化 5]



[請求項 1 0]

下記構造式 (135) で表される有機化合物。

[化 6]



[請求項 1 1]

請求項 1 乃至請求項 1 0 のいずれか一項に記載の有機化合物を含む発光デバイスのキャリア輸送層用材料。

[請求項 1 2]

請求項 1 乃至請求項 1 0 のいずれか一項に記載の有機化合物を含む発光デバイスのホスト用材料。

[請求項 1 3]

陽極と、

陰極と、

前記陽極と前記陰極との間に位置する EL 層とを有し、

前記 EL 層は発光層を有し、

前記発光層は、発光材料と、請求項 1 乃至請求項 1 0 のいずれか一項に記載の有機化合物を有する発光デバイス。

[請求項 1 4]

請求項 1 3 に記載の発光デバイスと、

センサ、操作ボタン、スピーカ、または、マイクとを有する電子機器。

[請求項 1 5]

請求項 1 3 に記載の発光デバイスと、トランジスタ、または、基板とを有する発光装置。

[請求項 1 6]

請求項 1 3 に記載の発光デバイスと、筐体とを有する照明装置。

図1A

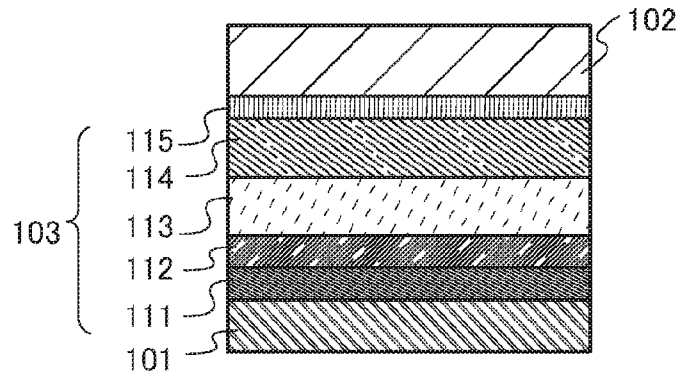


図1B

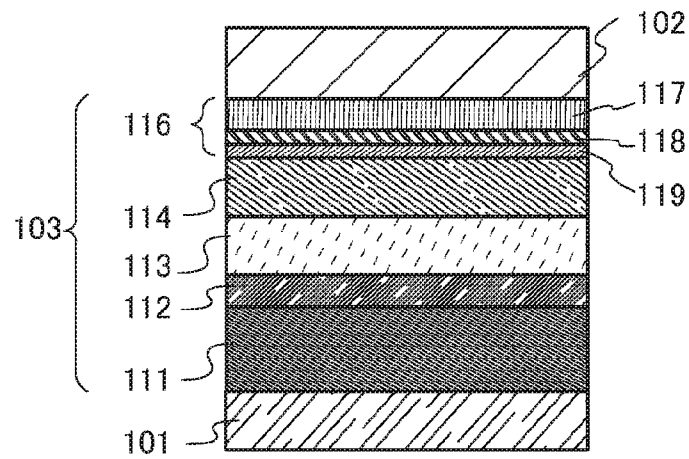
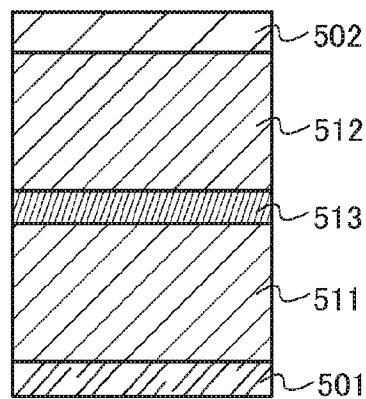
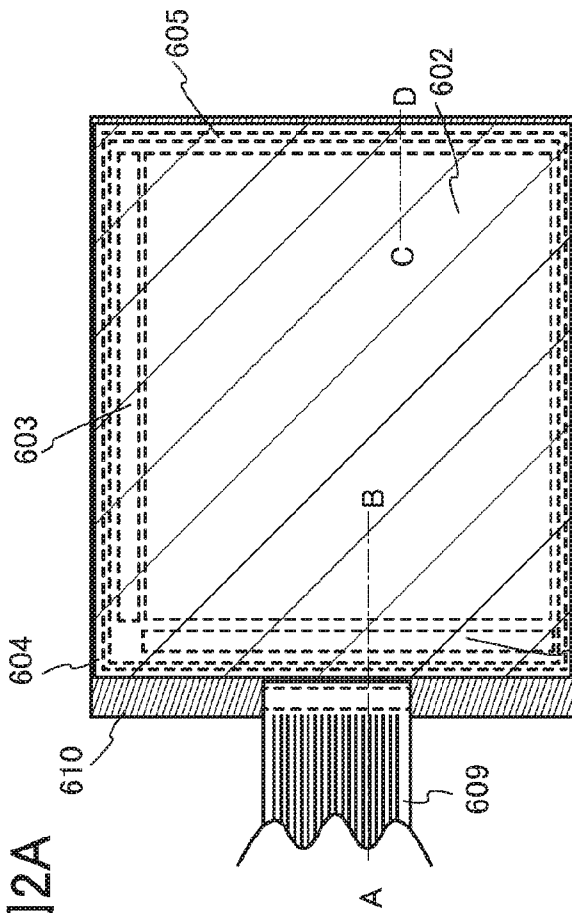


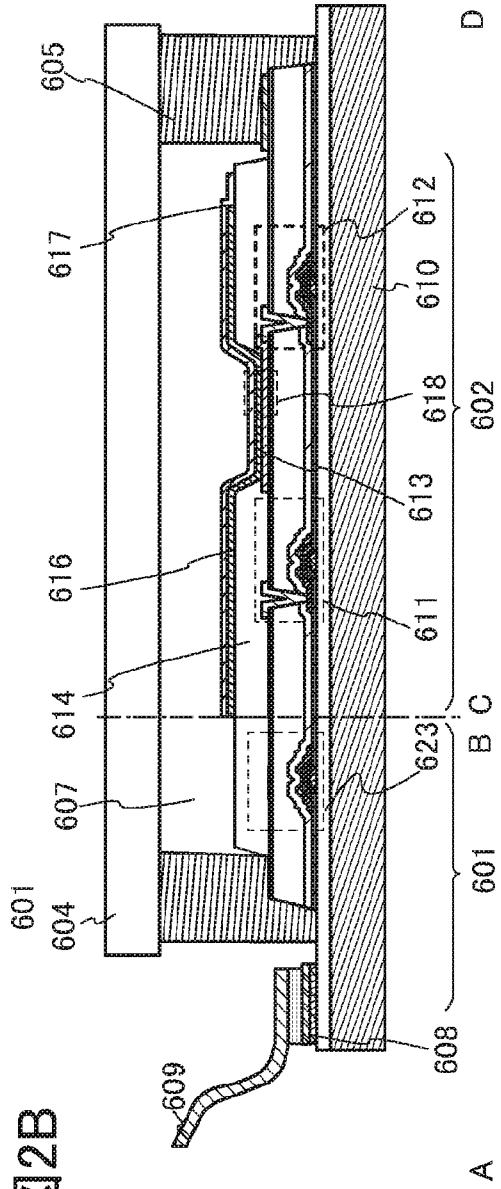
図1C

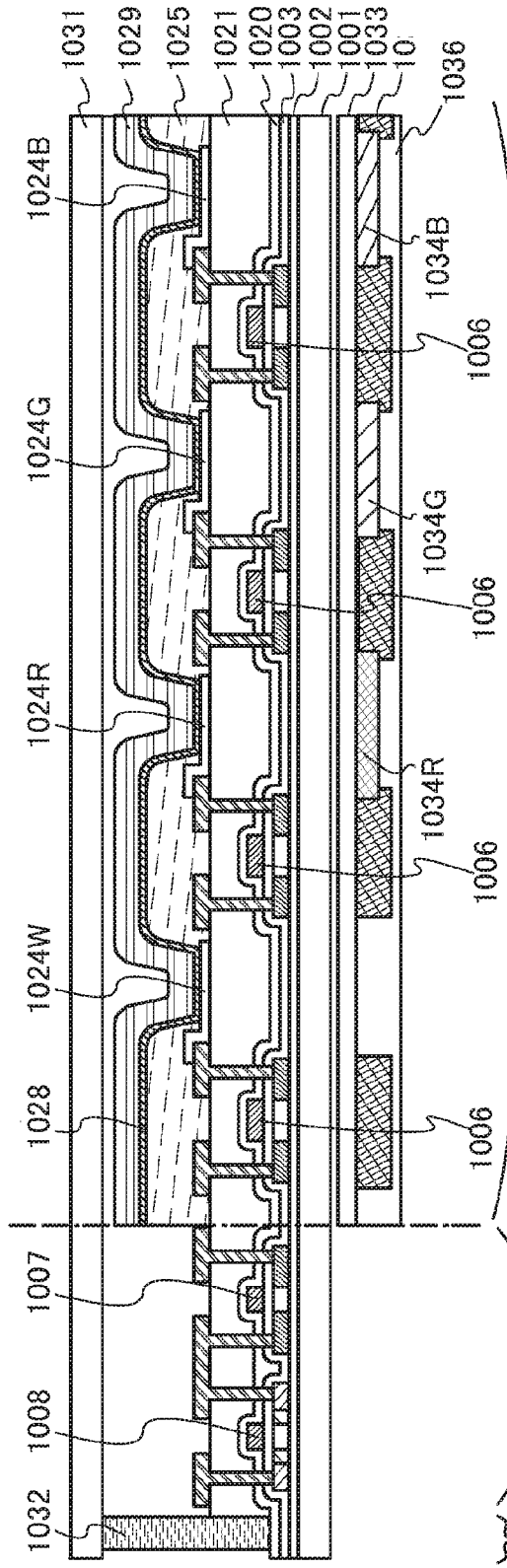


2A

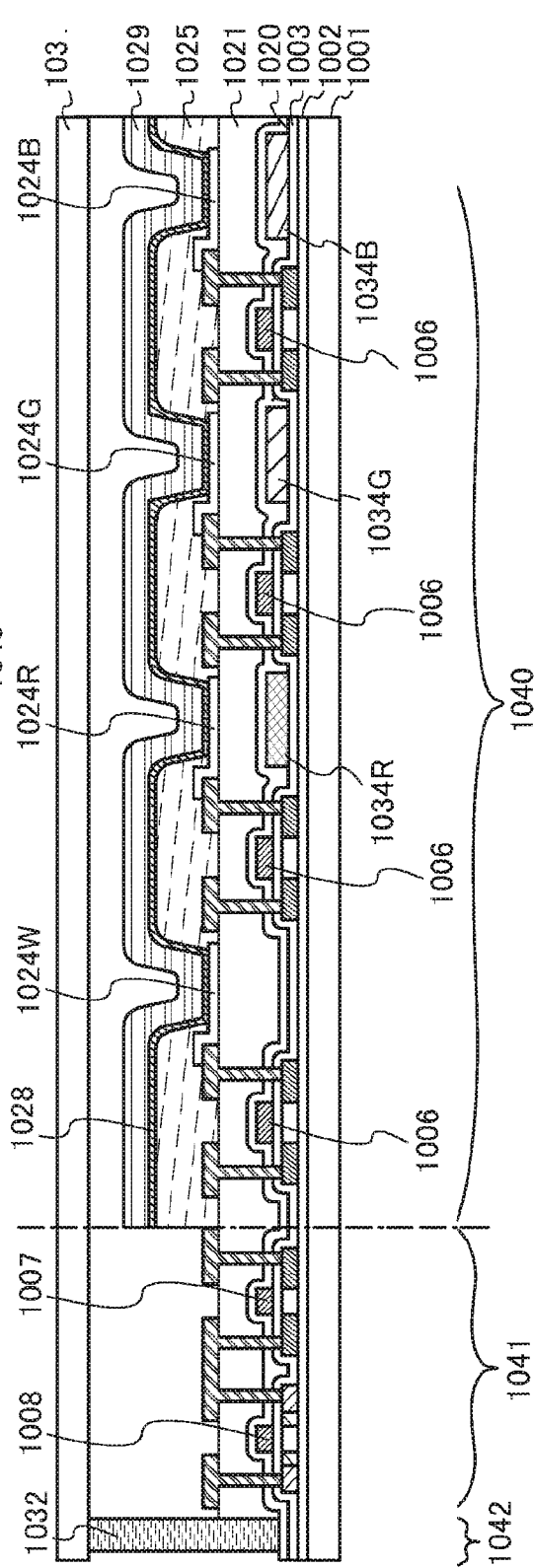


2B





3A



3B

4

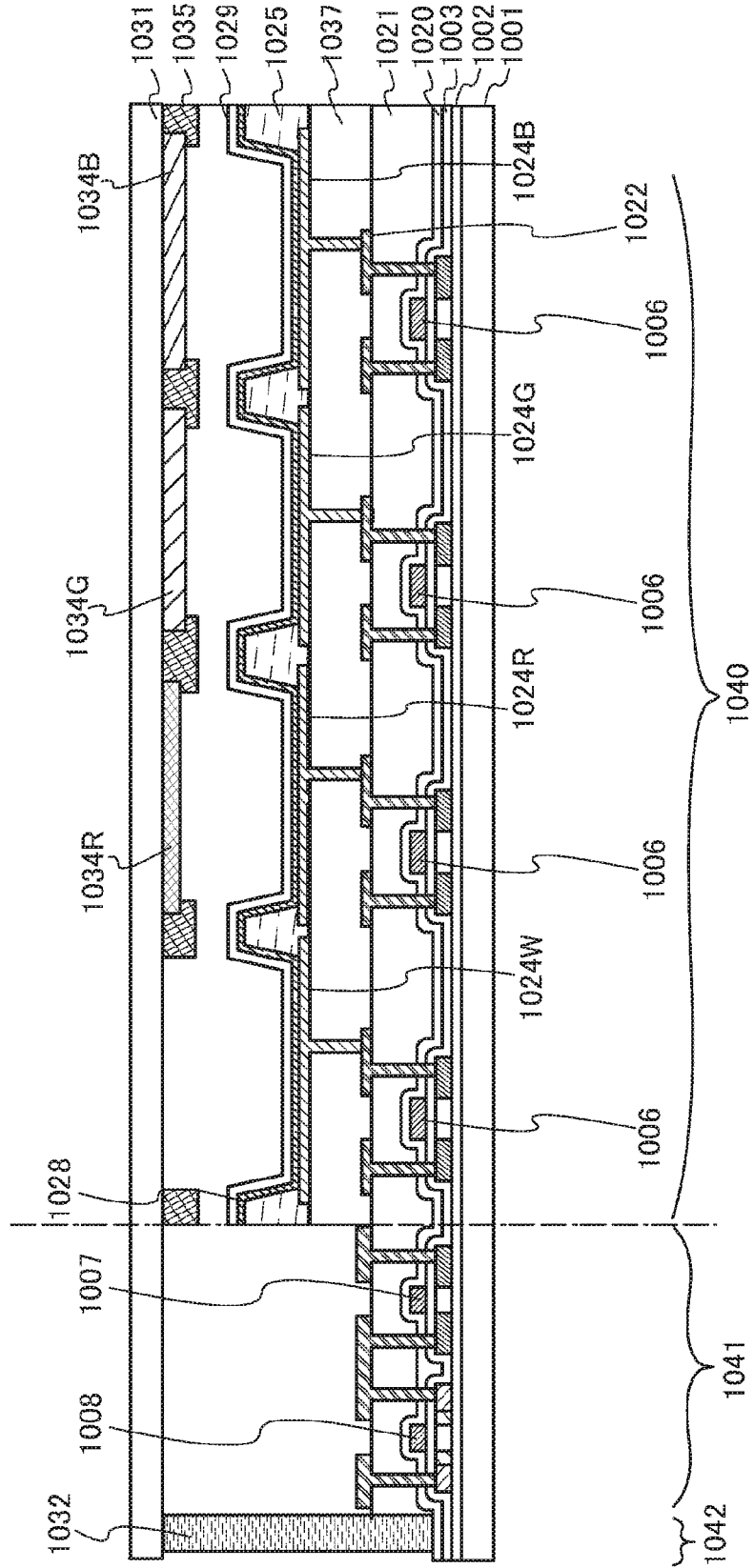


図5A

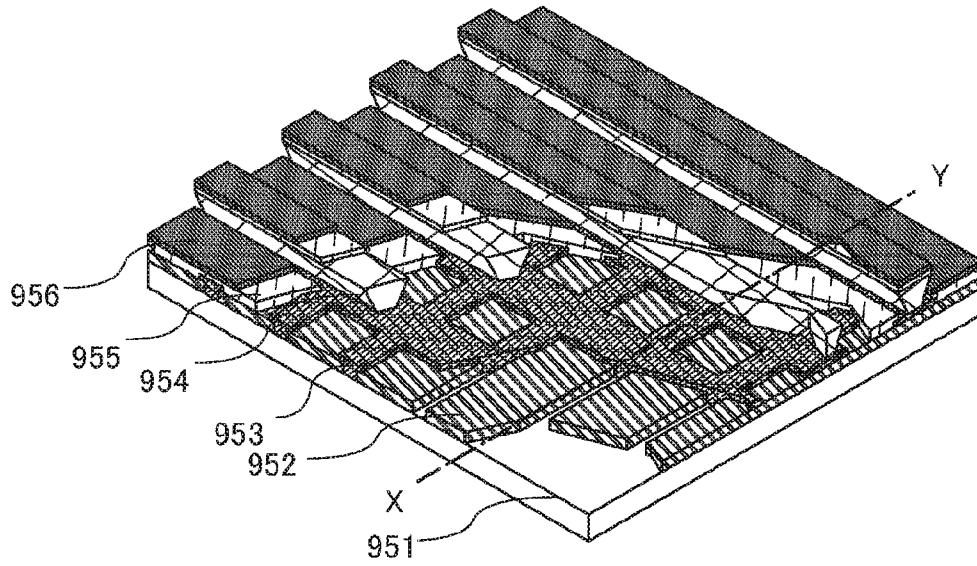


図5B

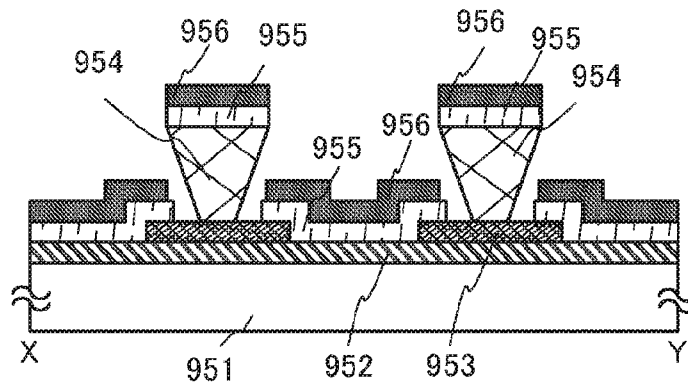


図6A

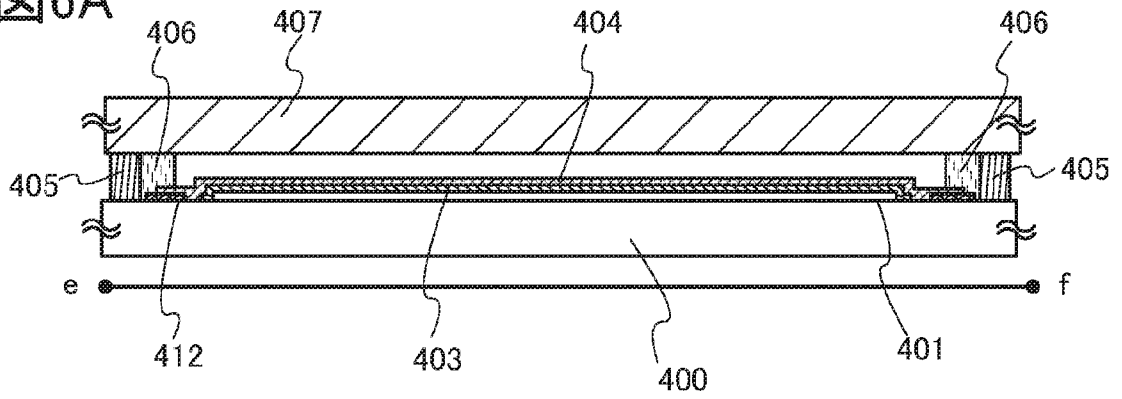
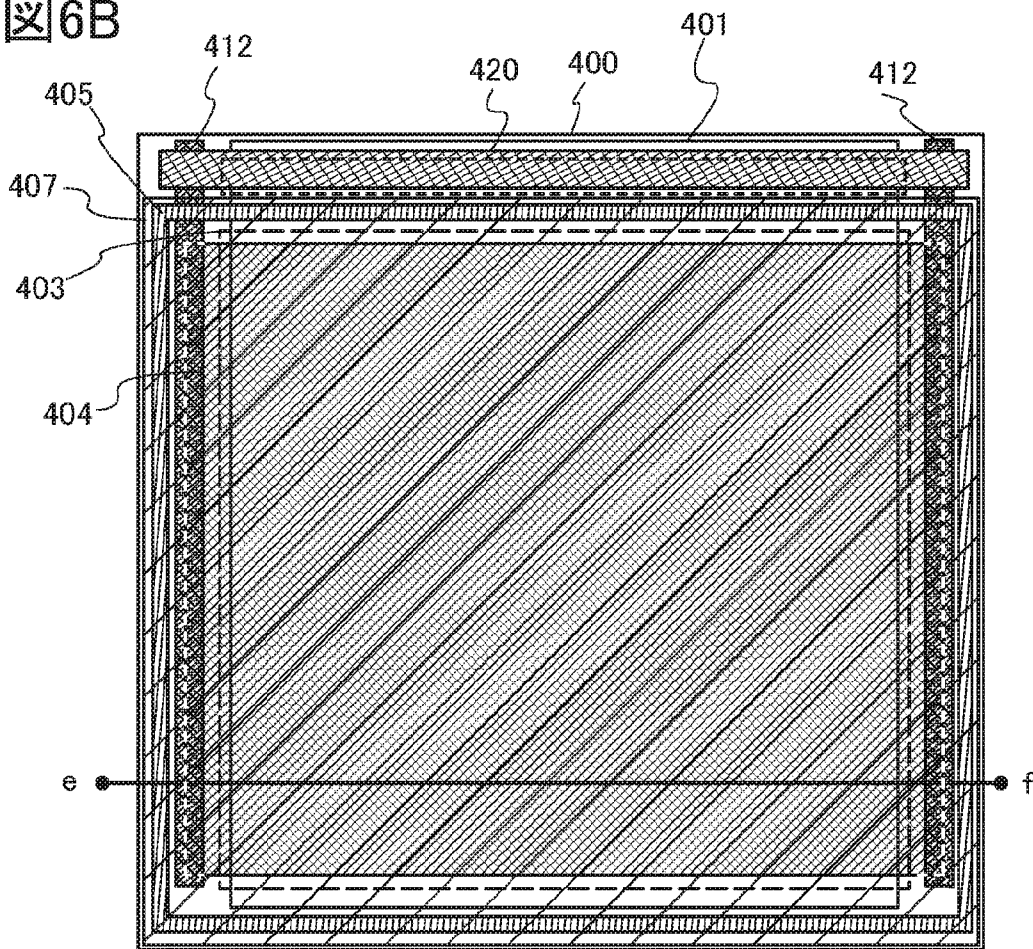
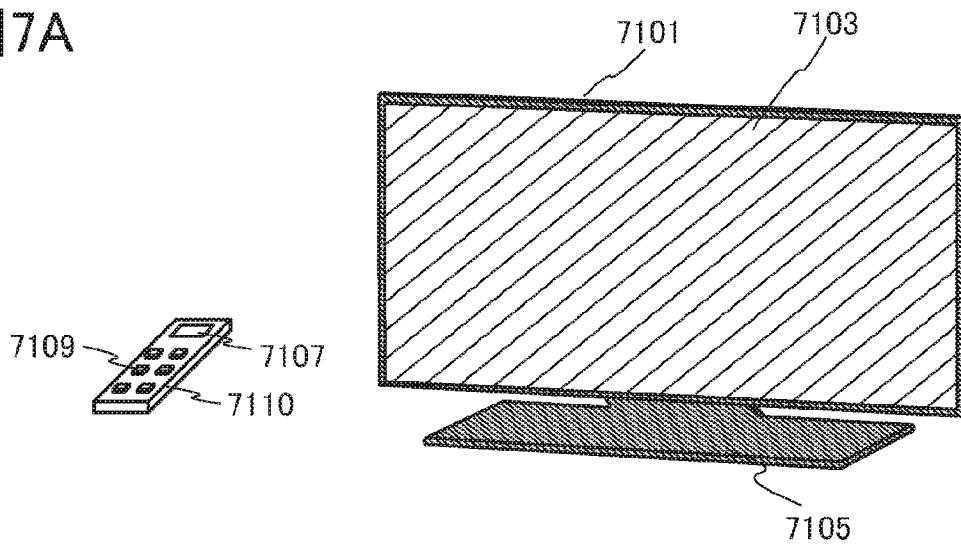


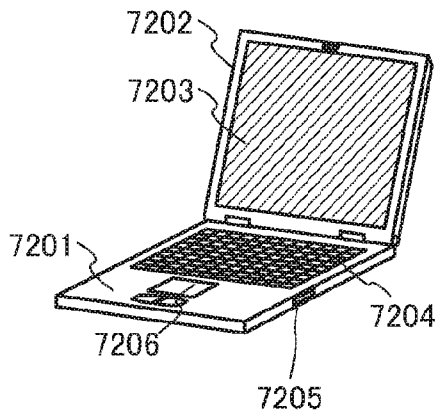
図6B



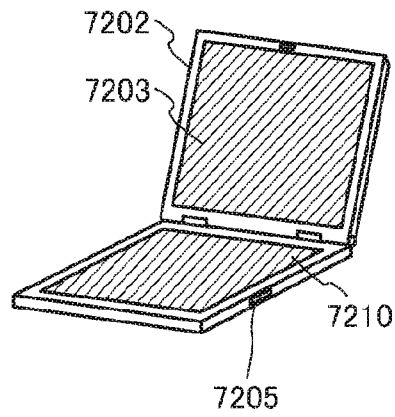
7A



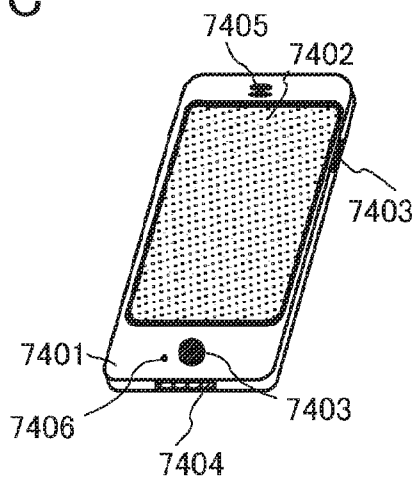
7B1



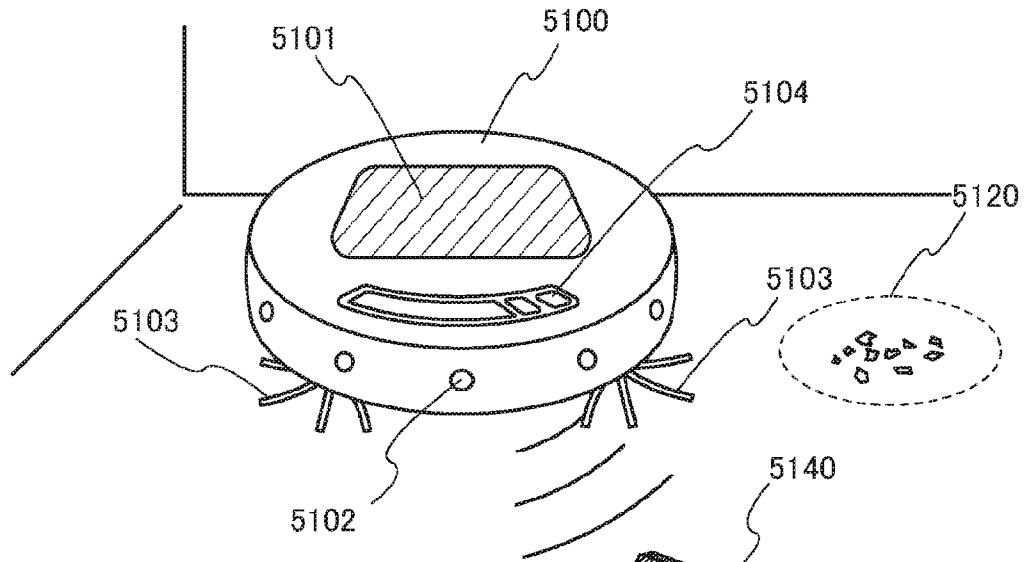
7B2



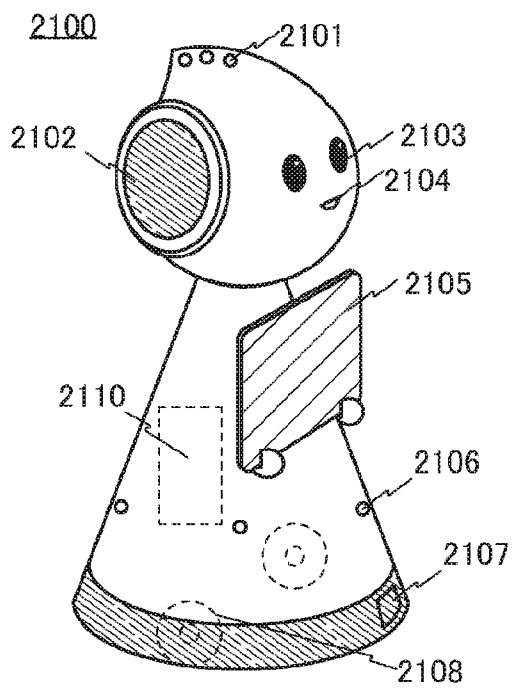
7C



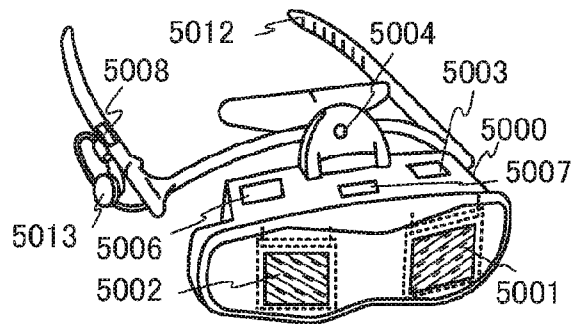
8A



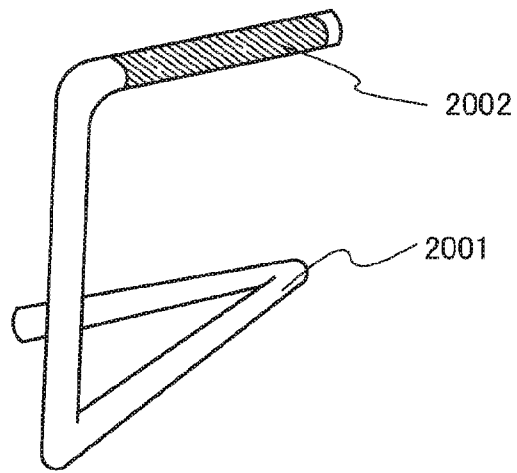
8B



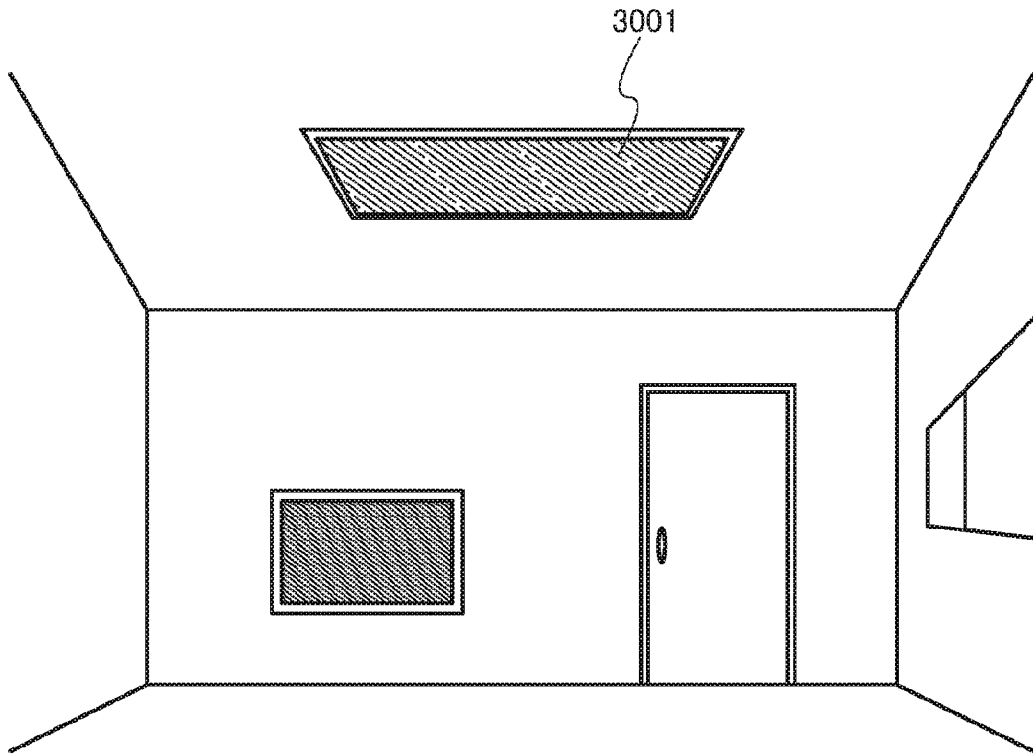
8C



9



10



11

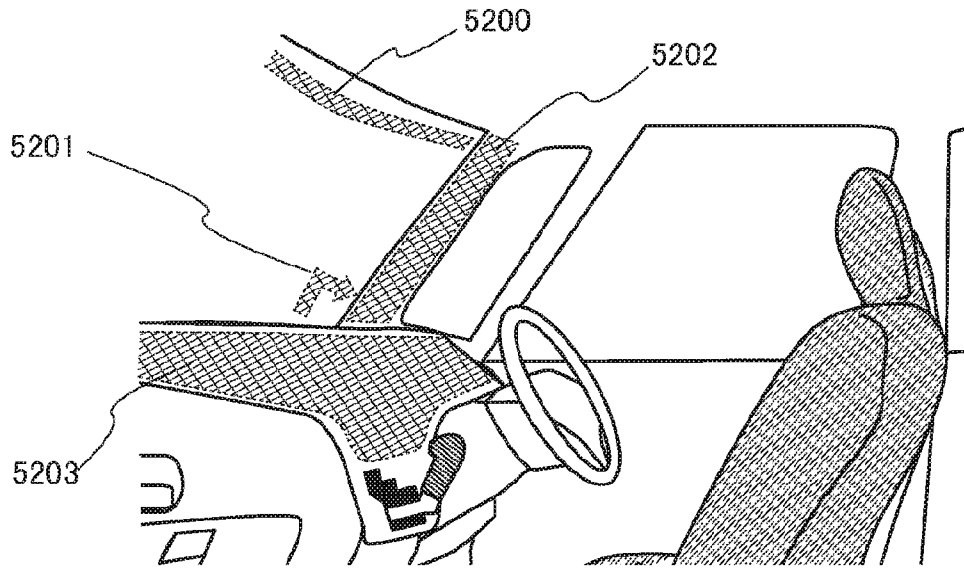


図12A

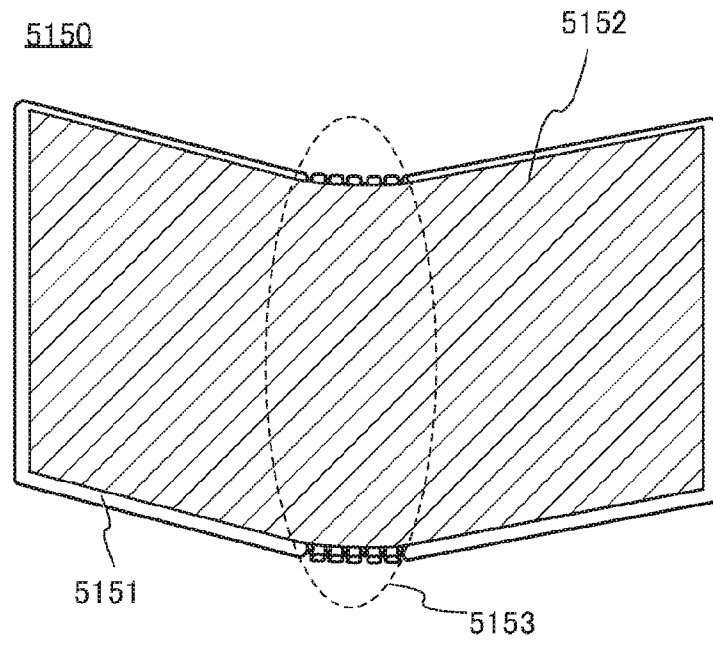


図12B

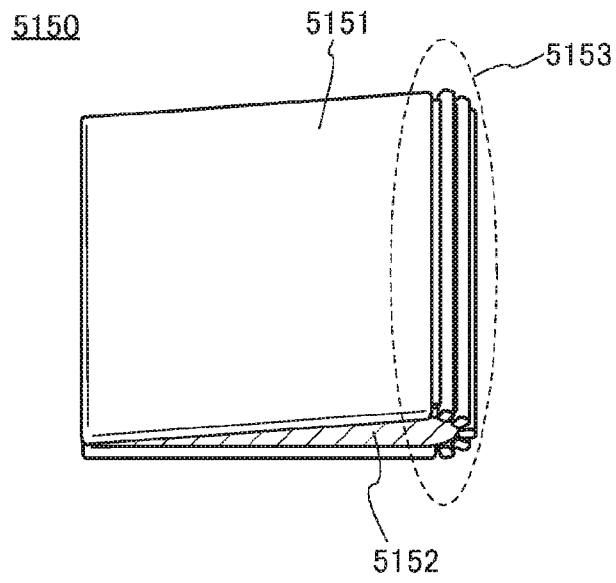


图 13A

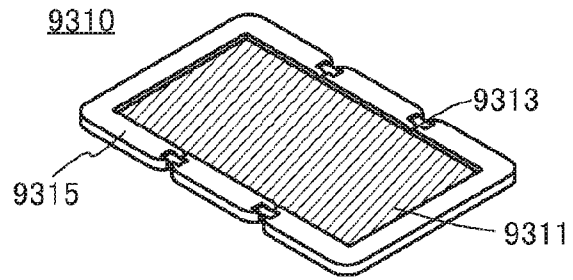


图 13B

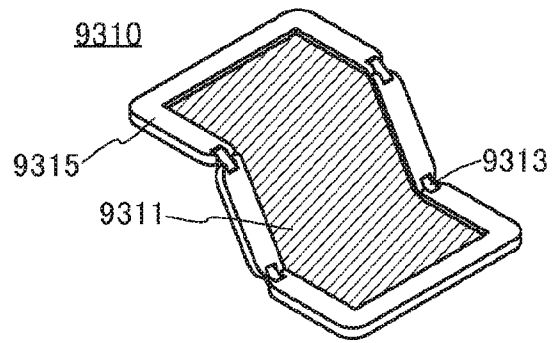
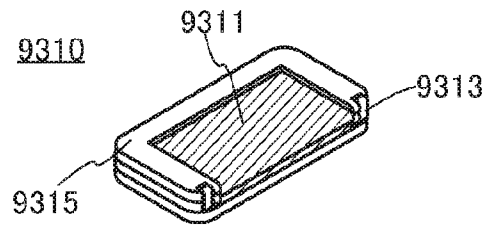
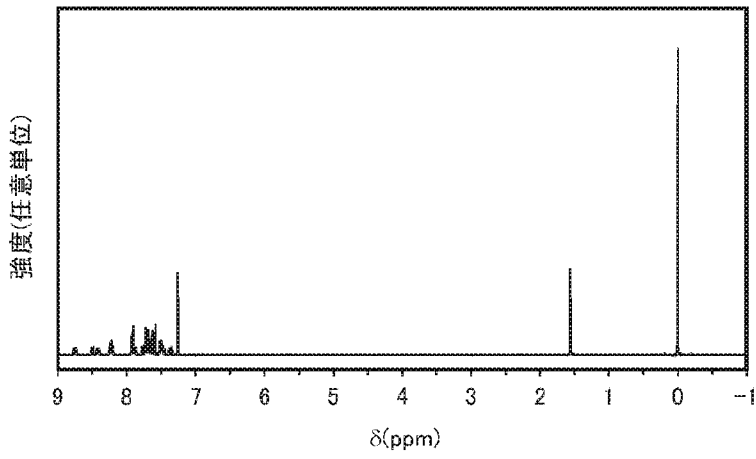


图 13C



14A



14B

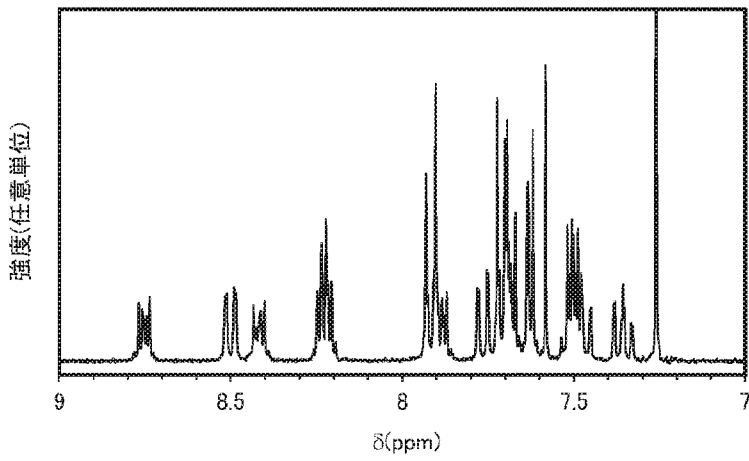


図15

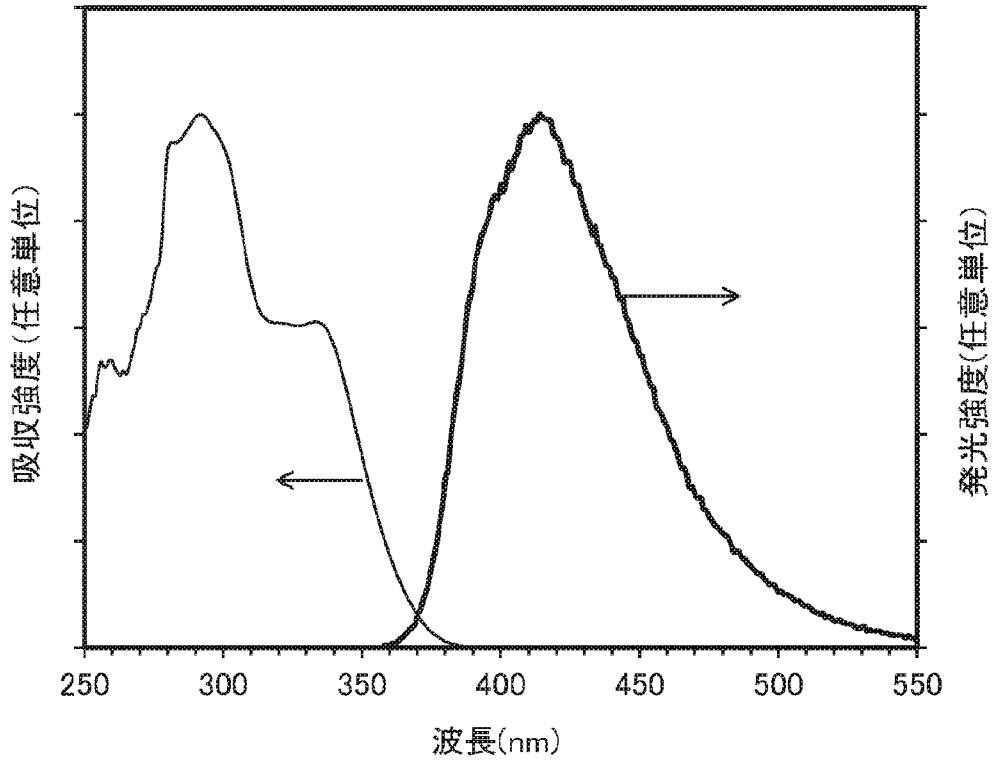
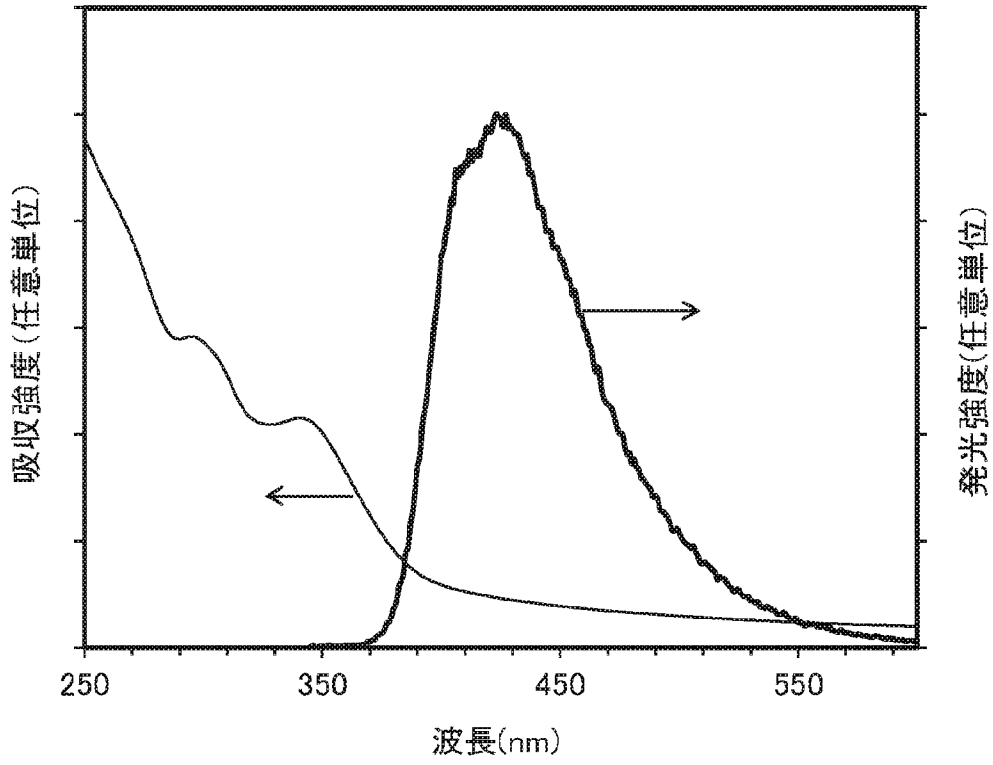
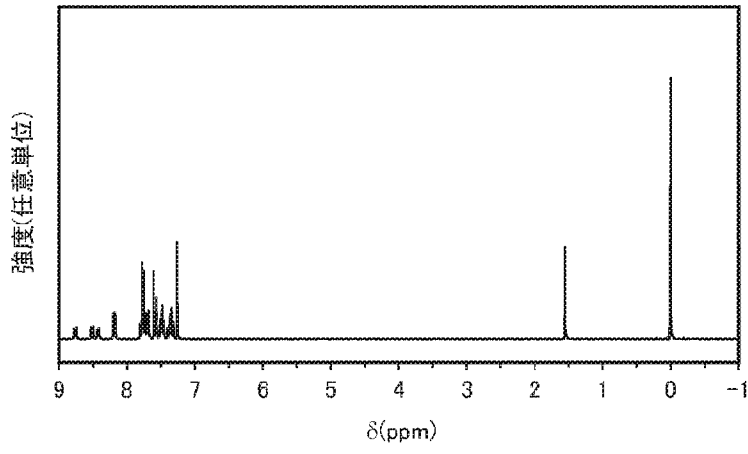


図16



☒ 17A



☒ 17B

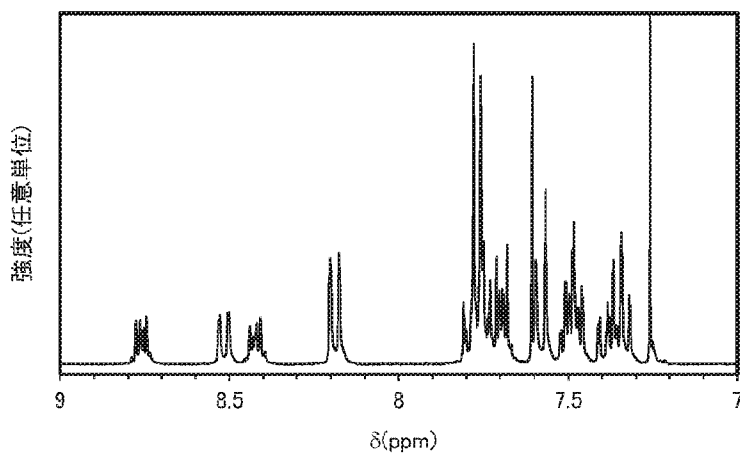


図18

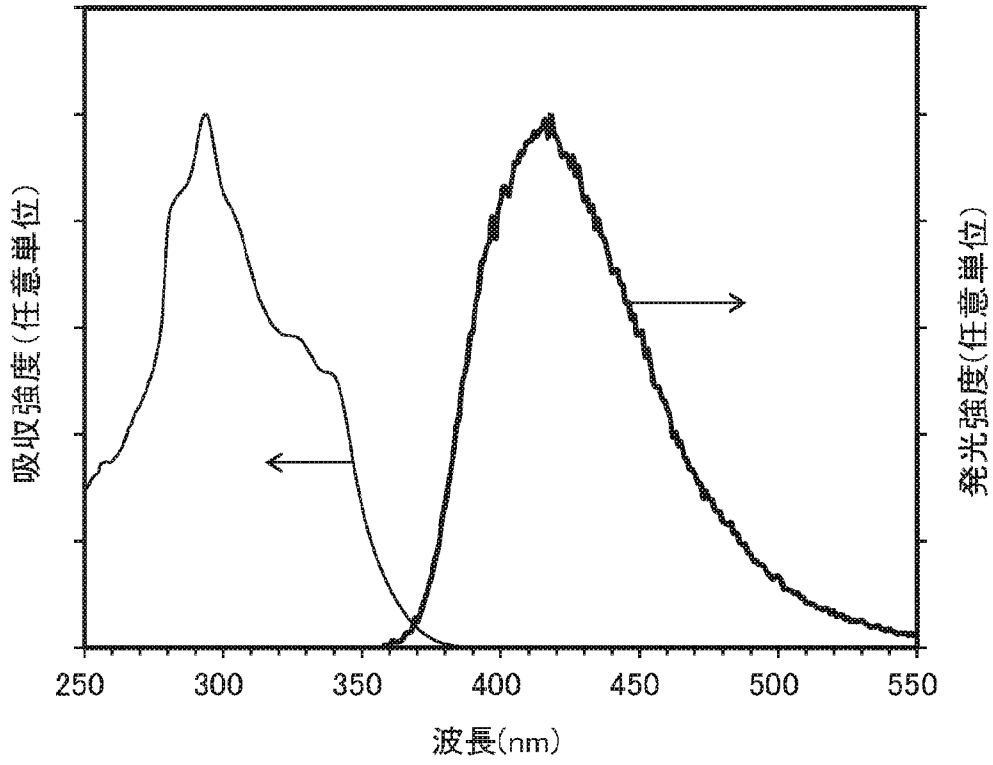


圖 19

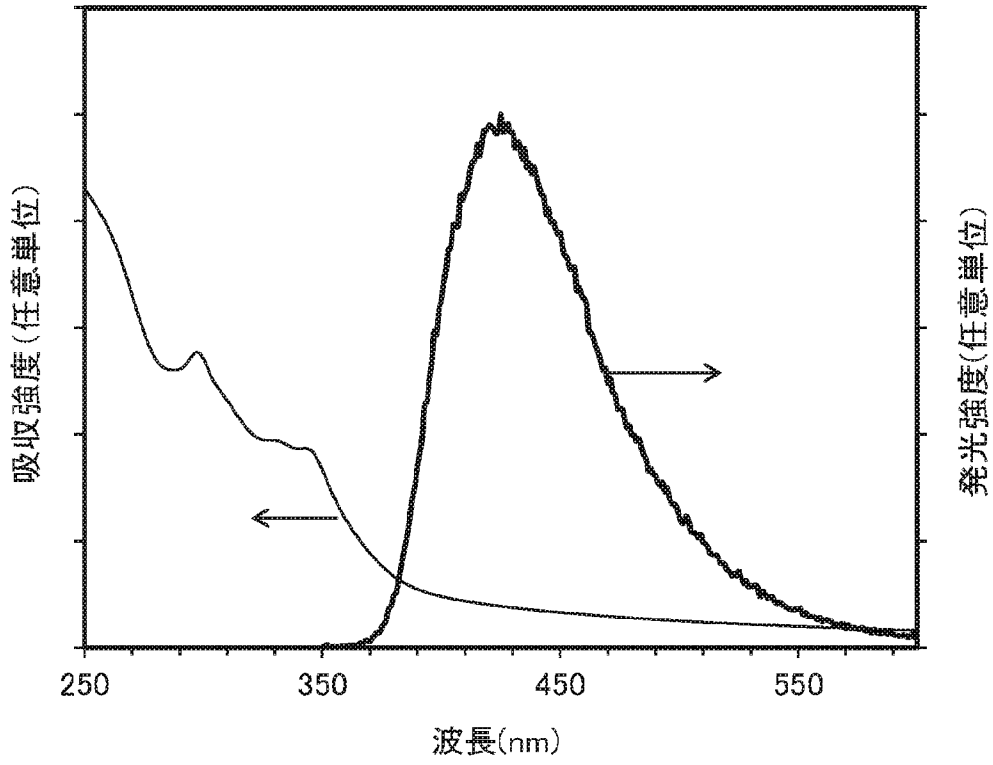


図20A

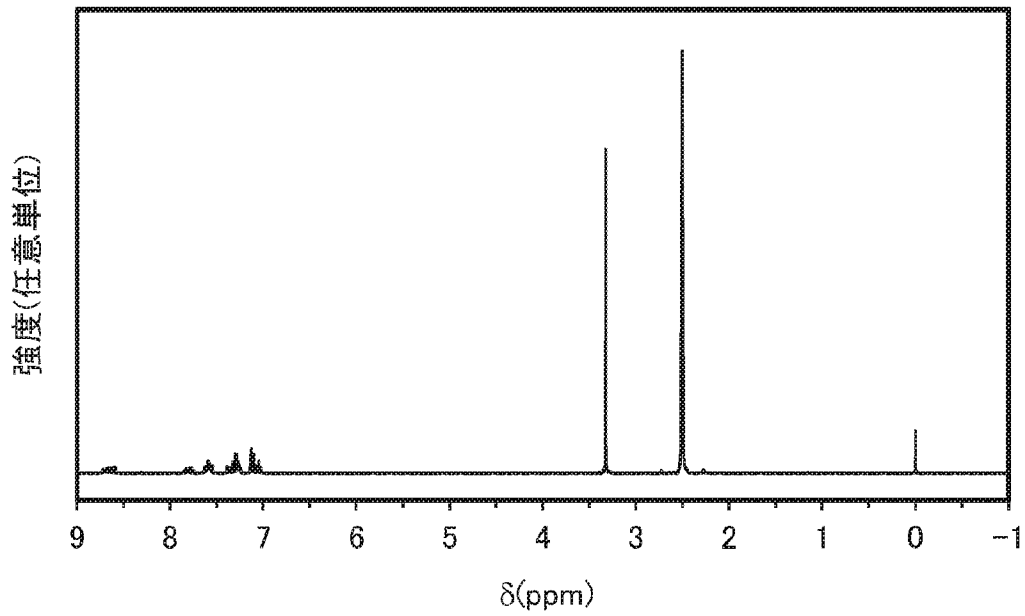


図20B

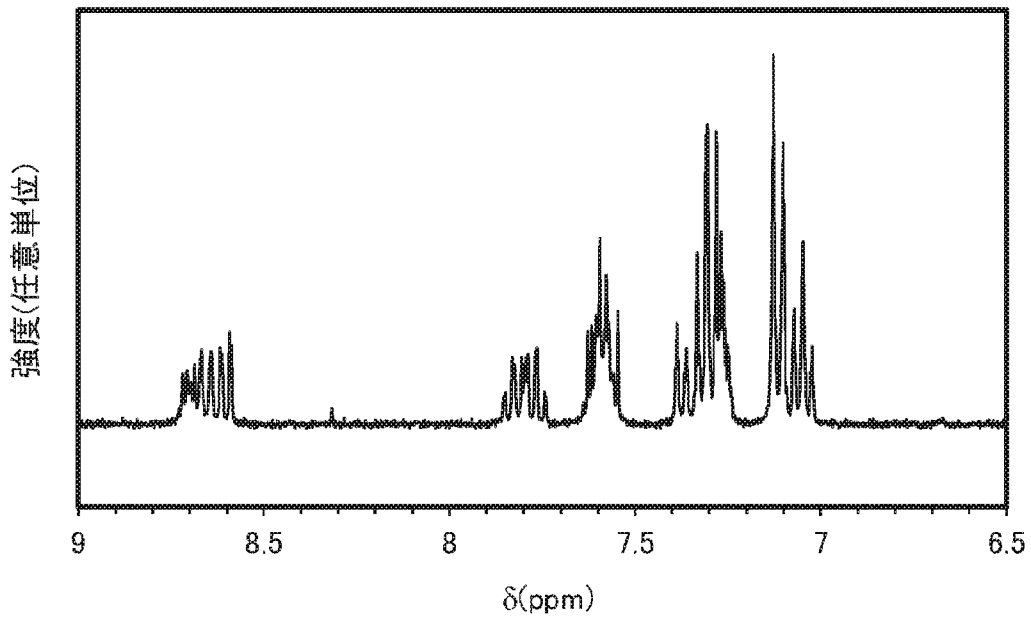


図21

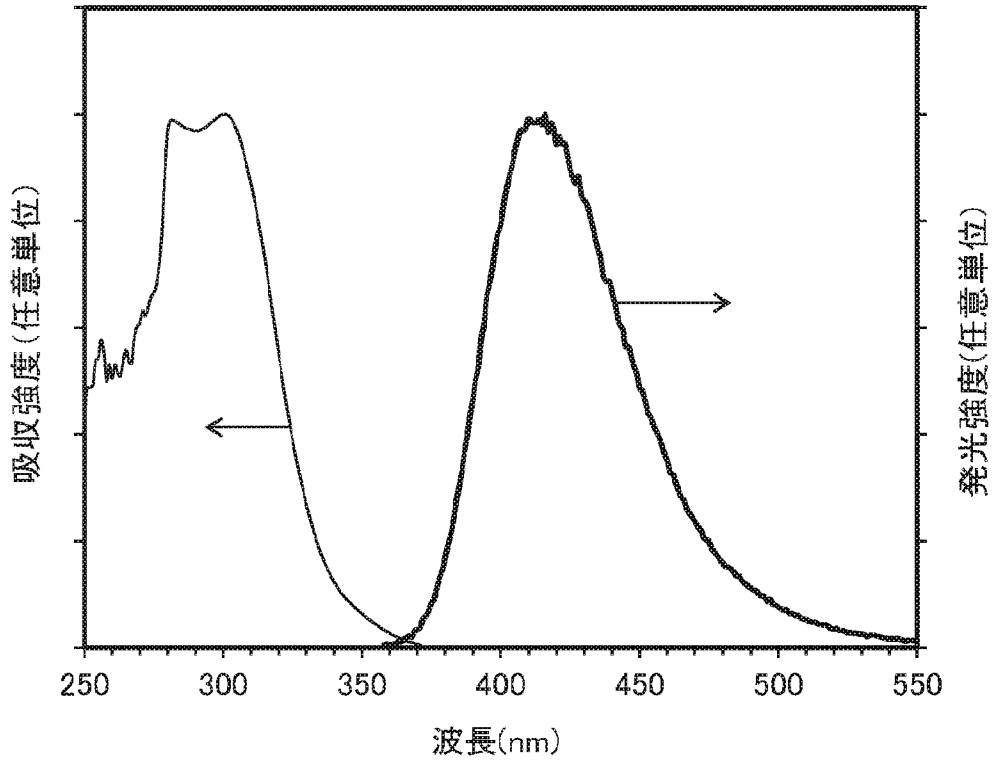


圖 22

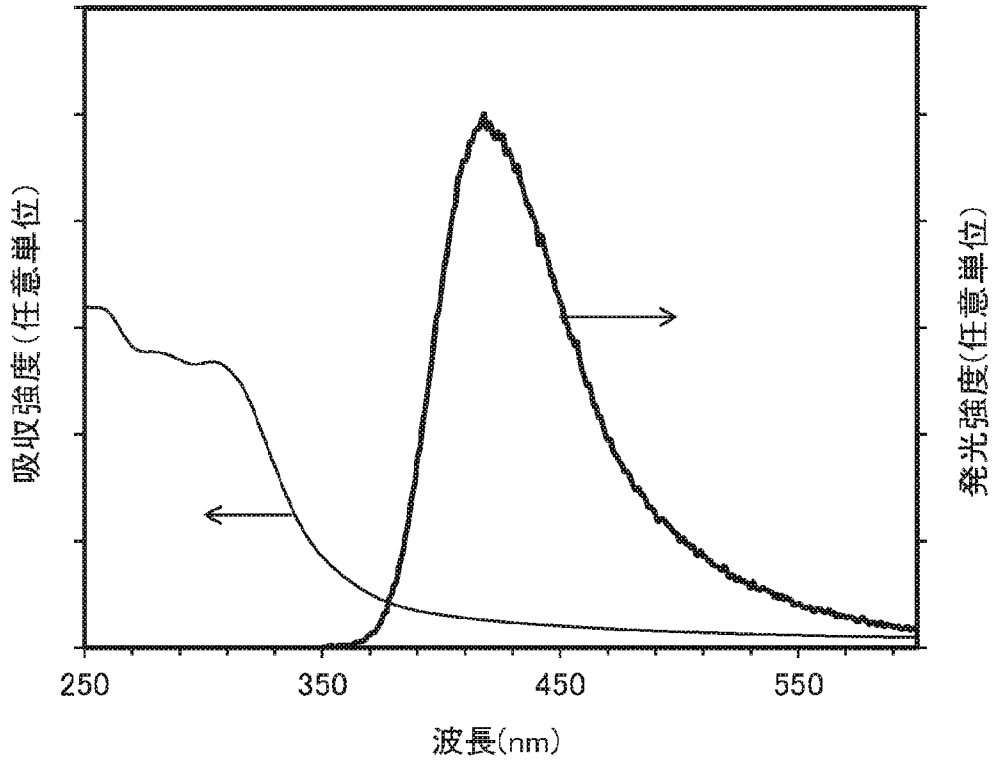


図23

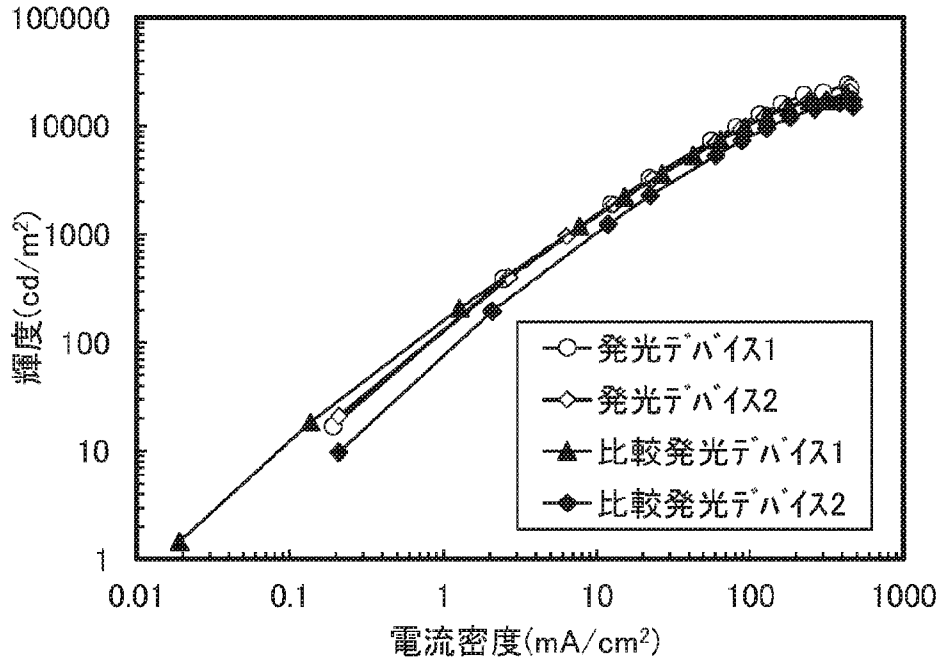


図24

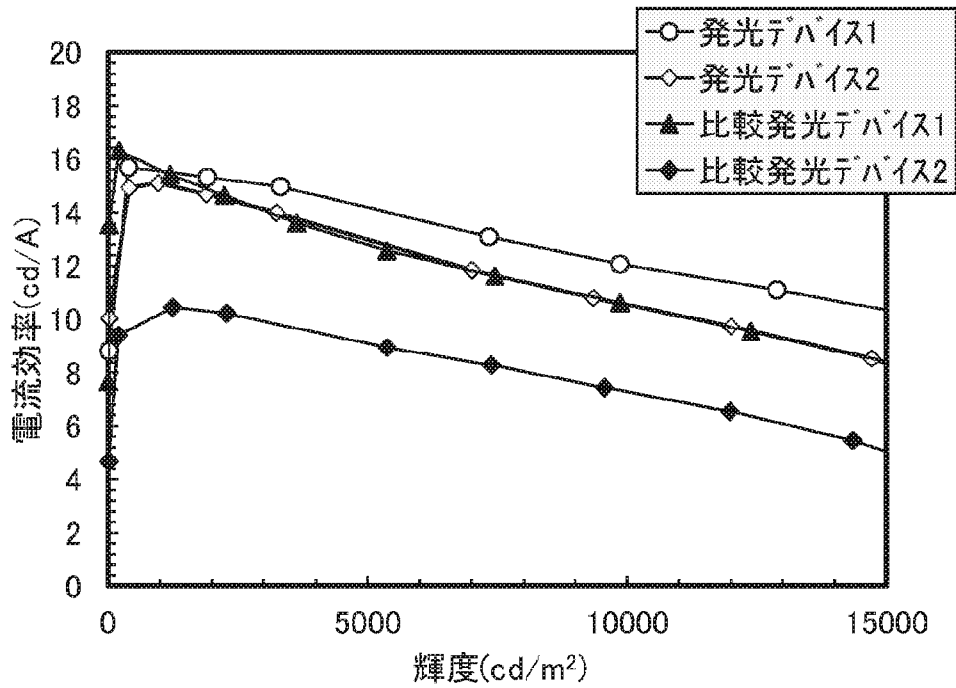


図25

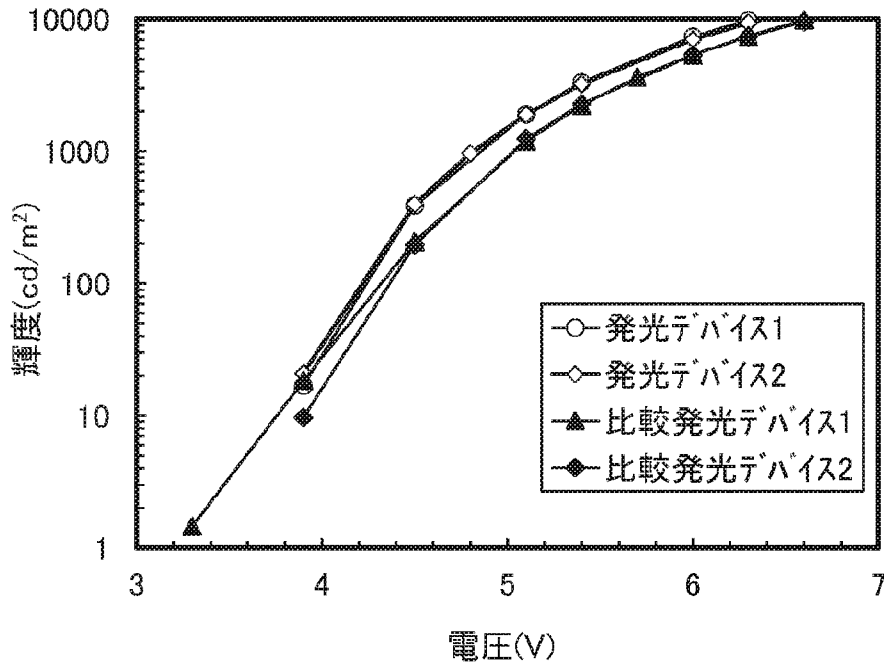


図26

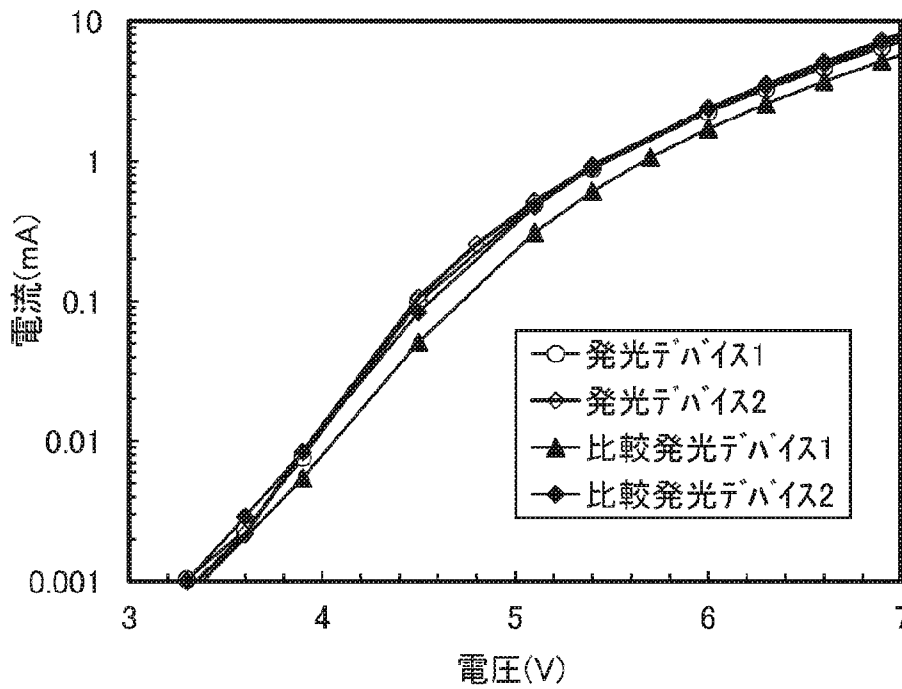


図27

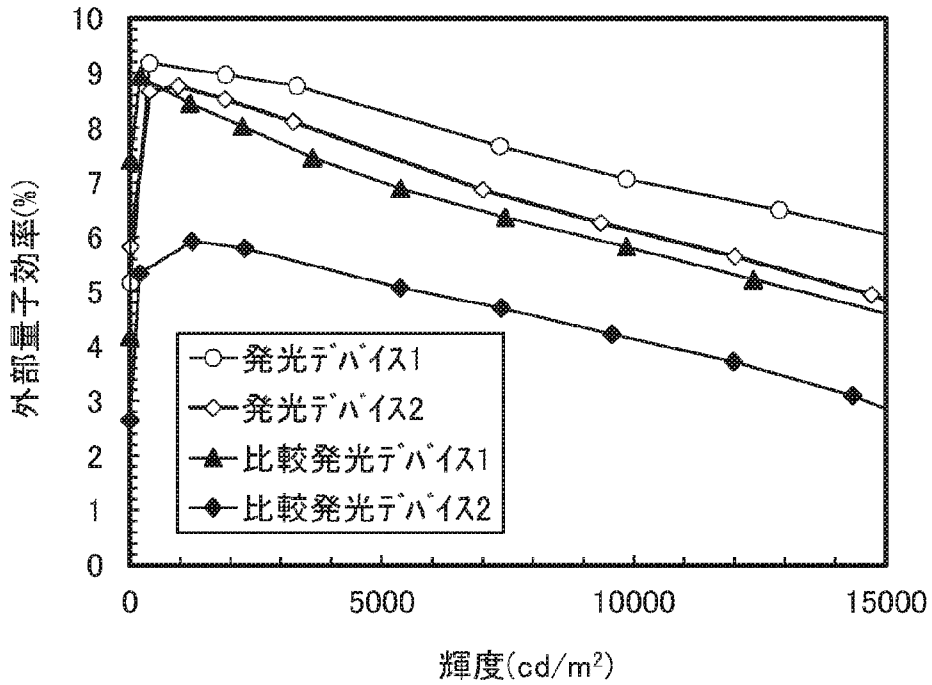


図28

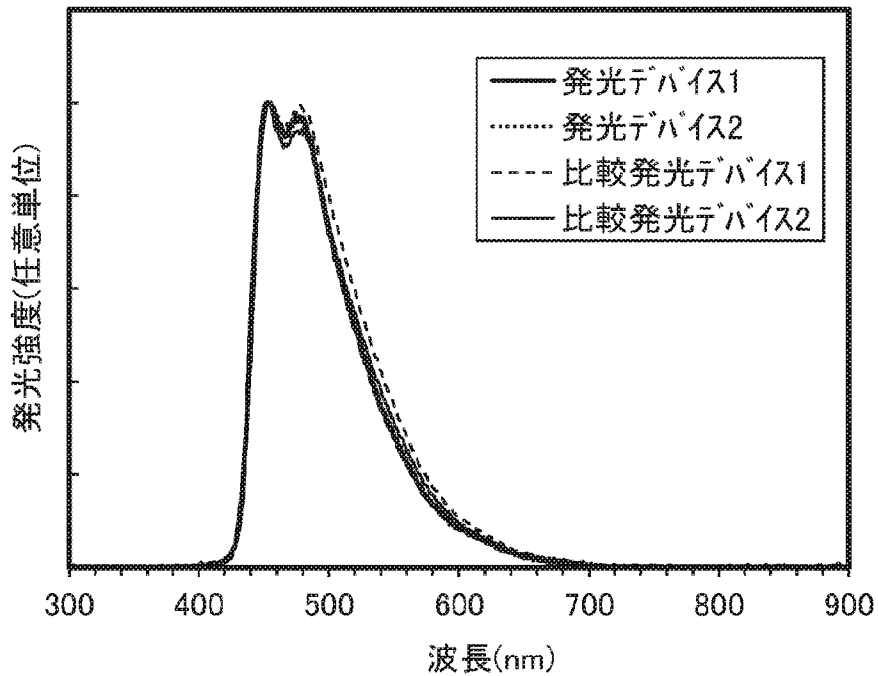


図29

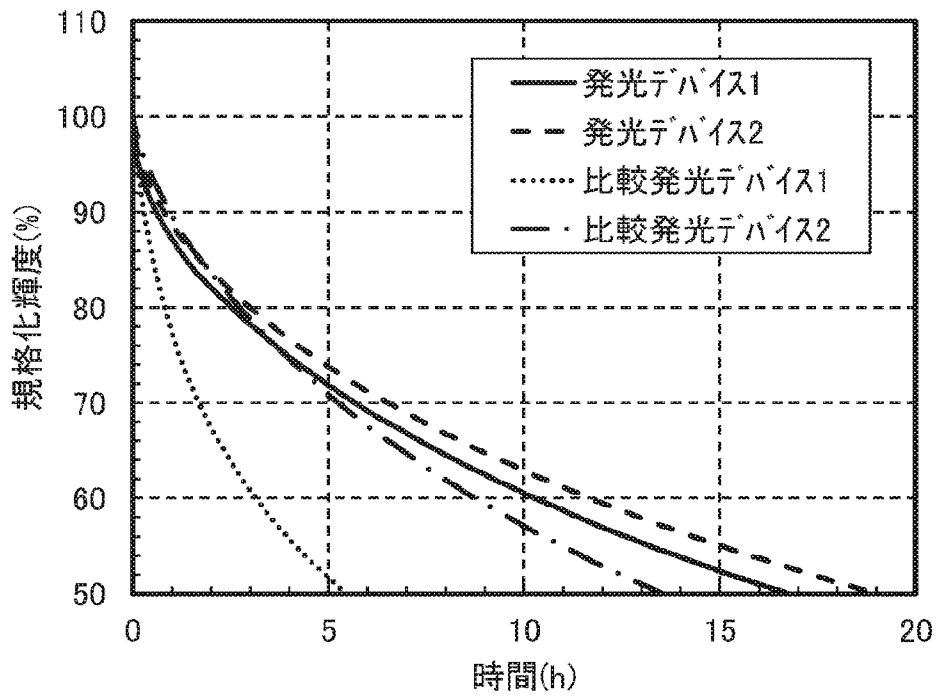


図30

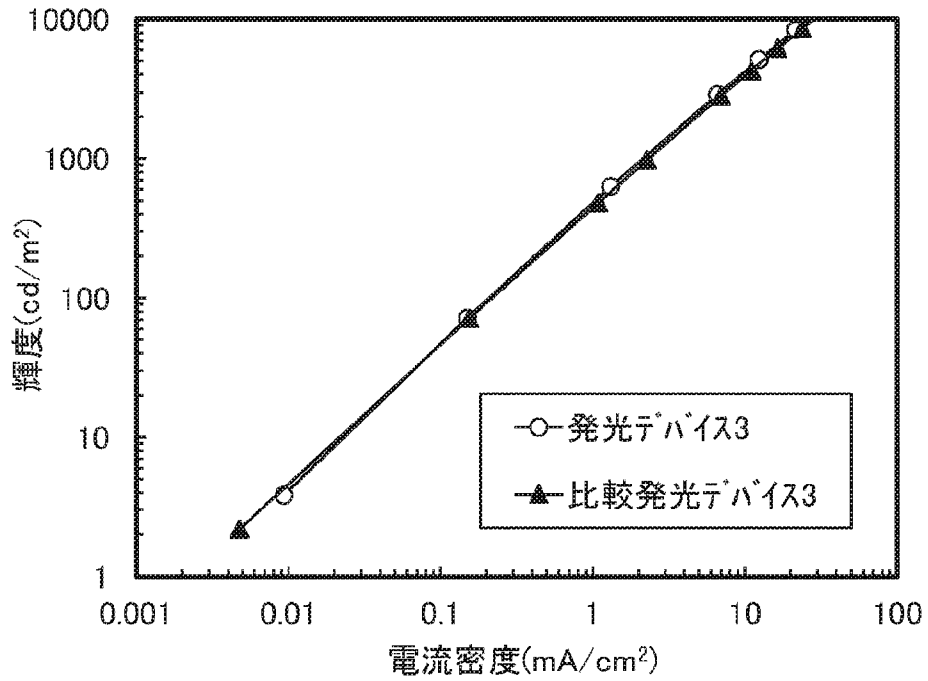


図31

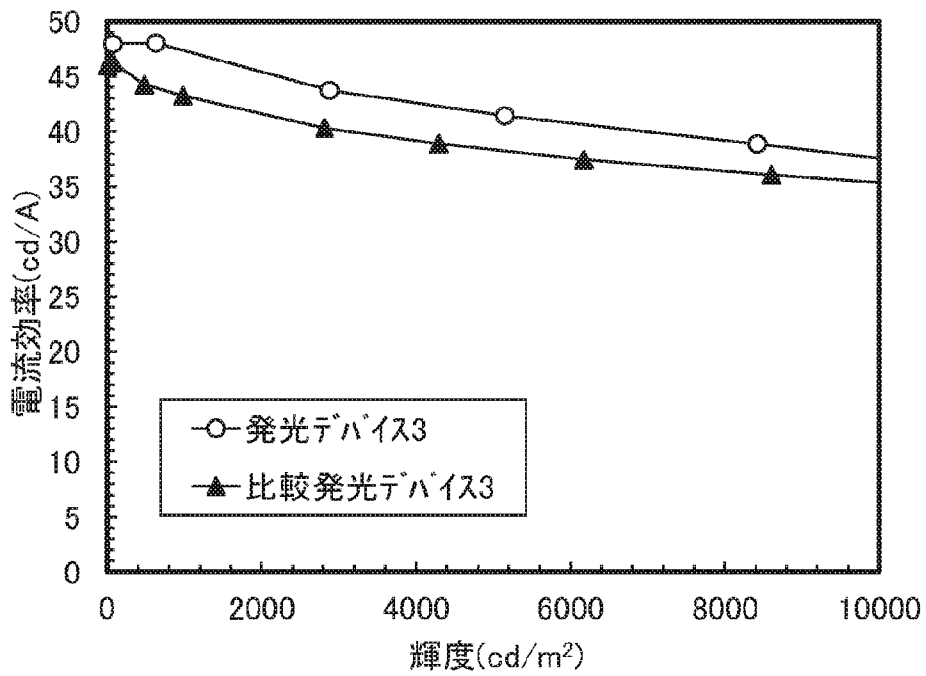


図32

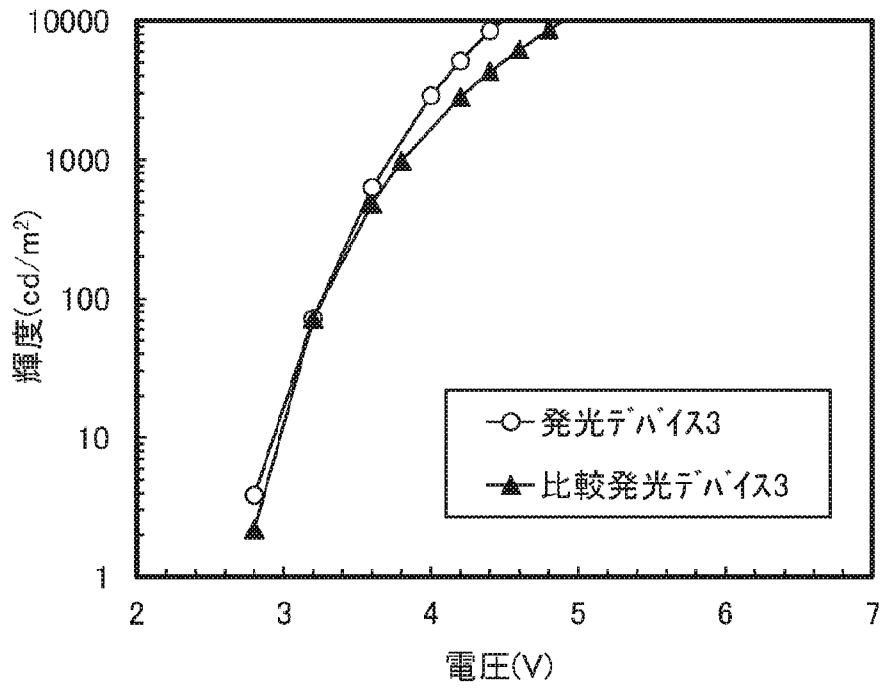


図33

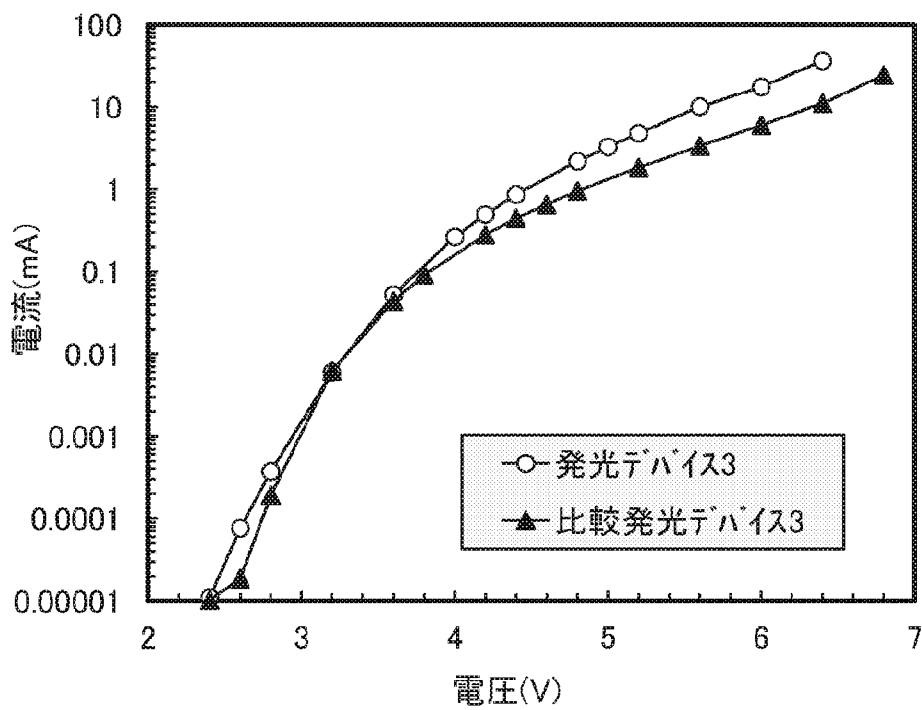


図34

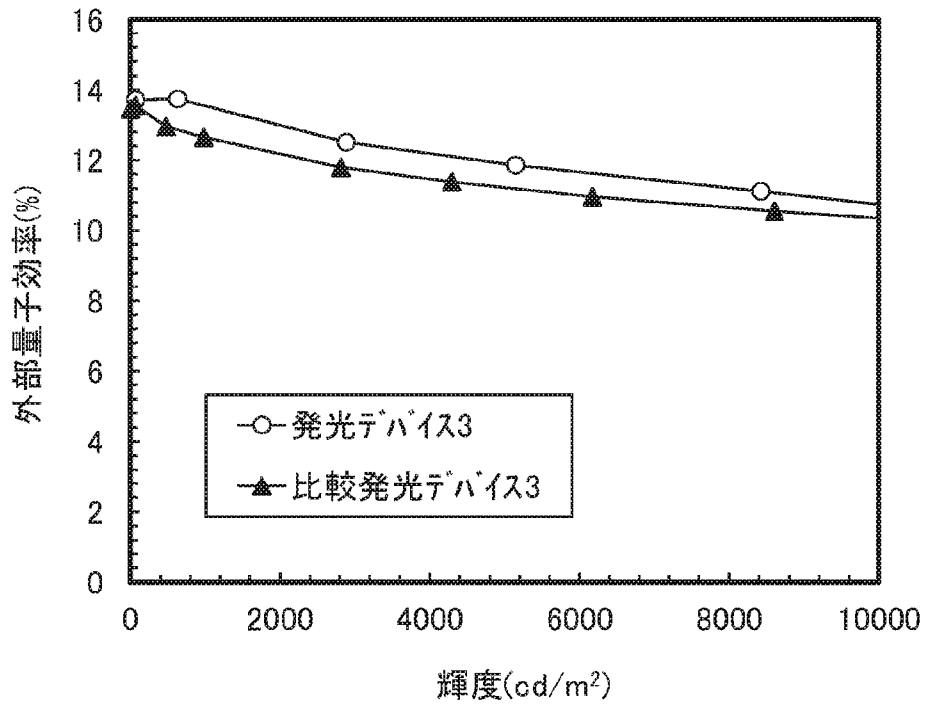


図35

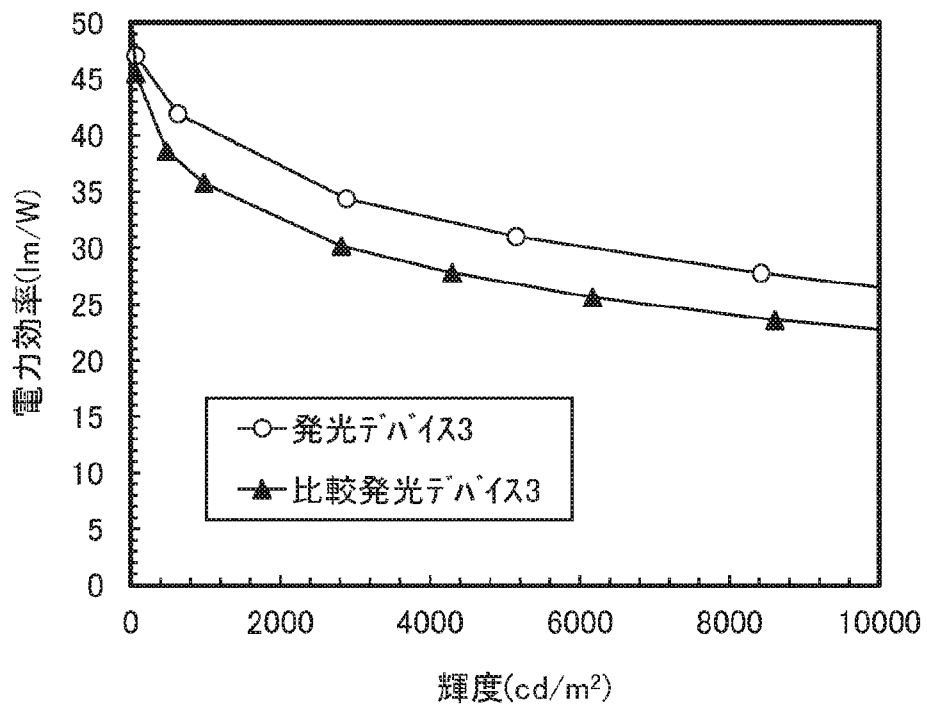


図36

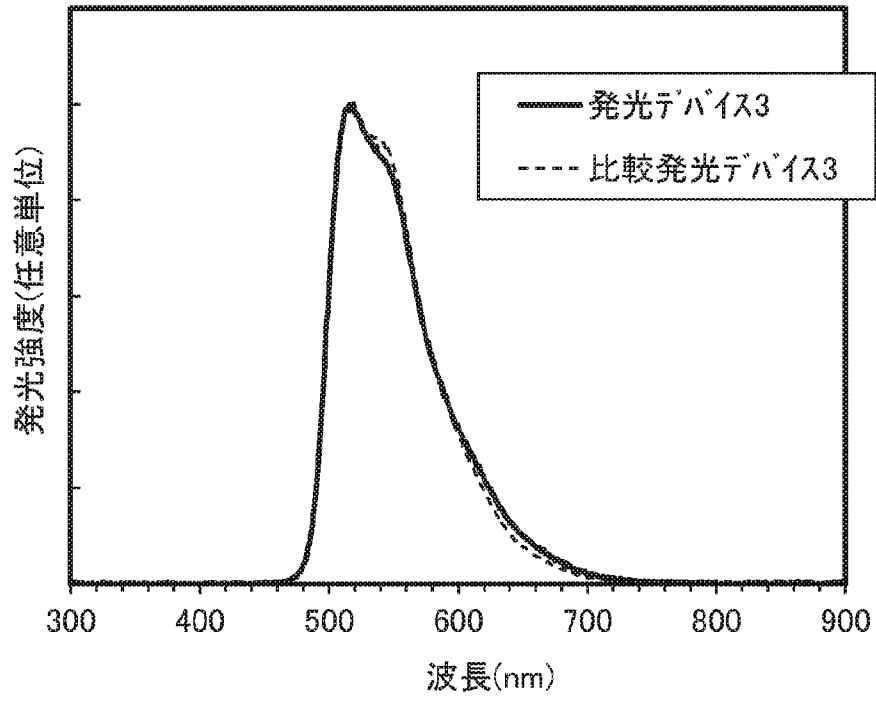


図37

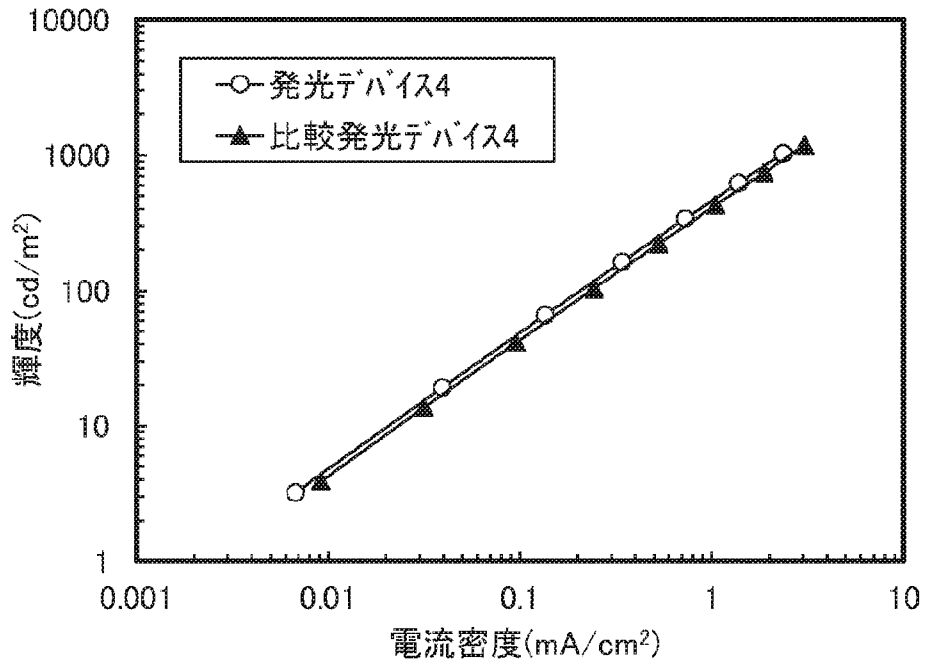


図38

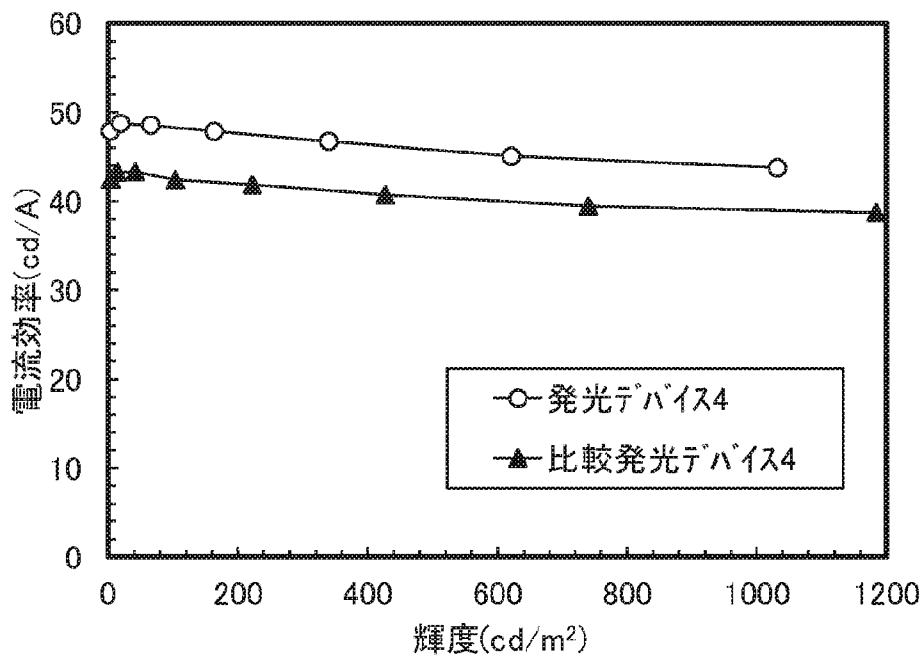


図39

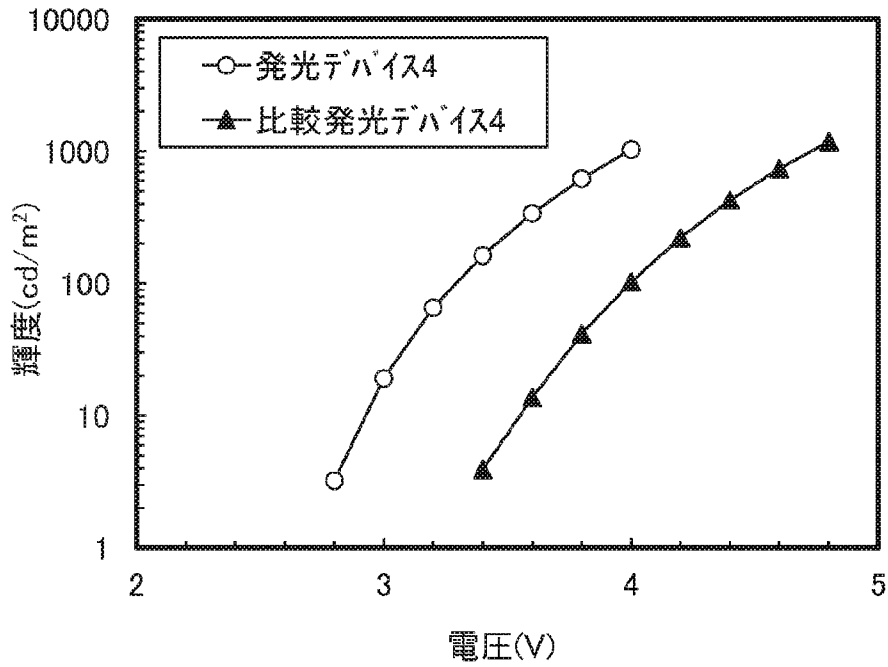


図40

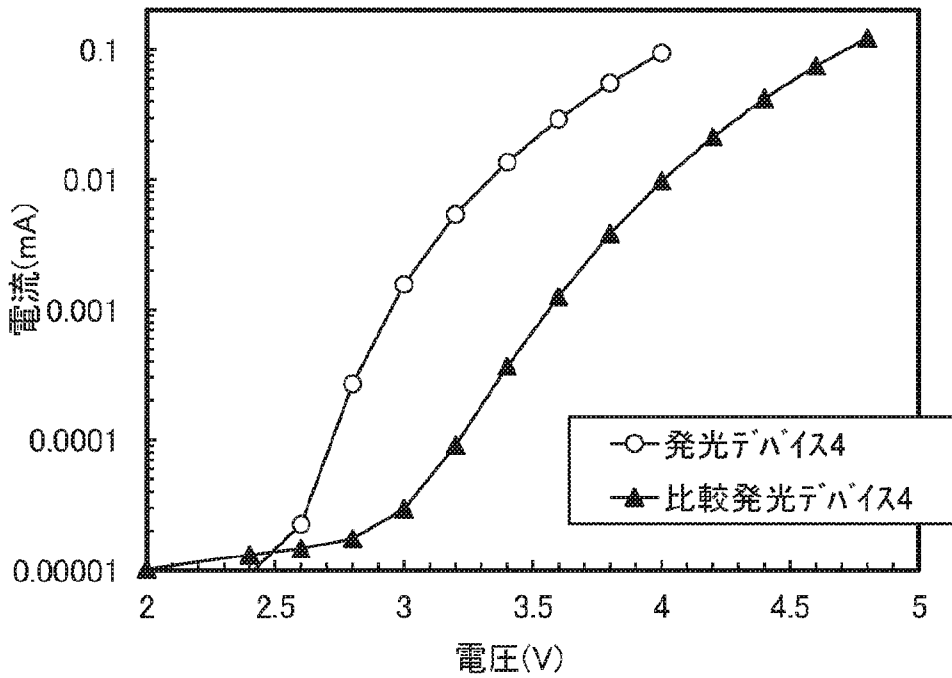


図41

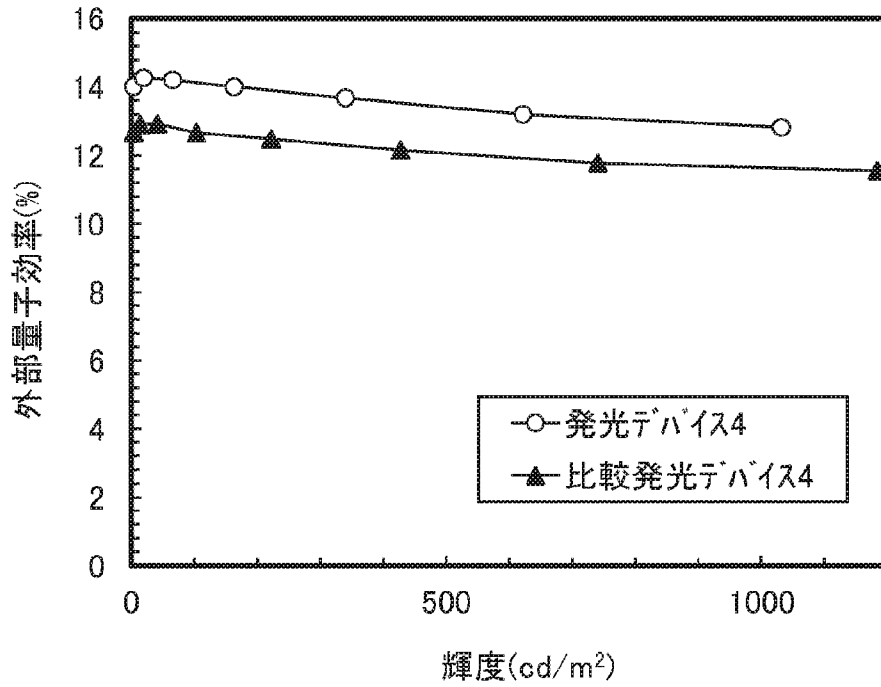


図42

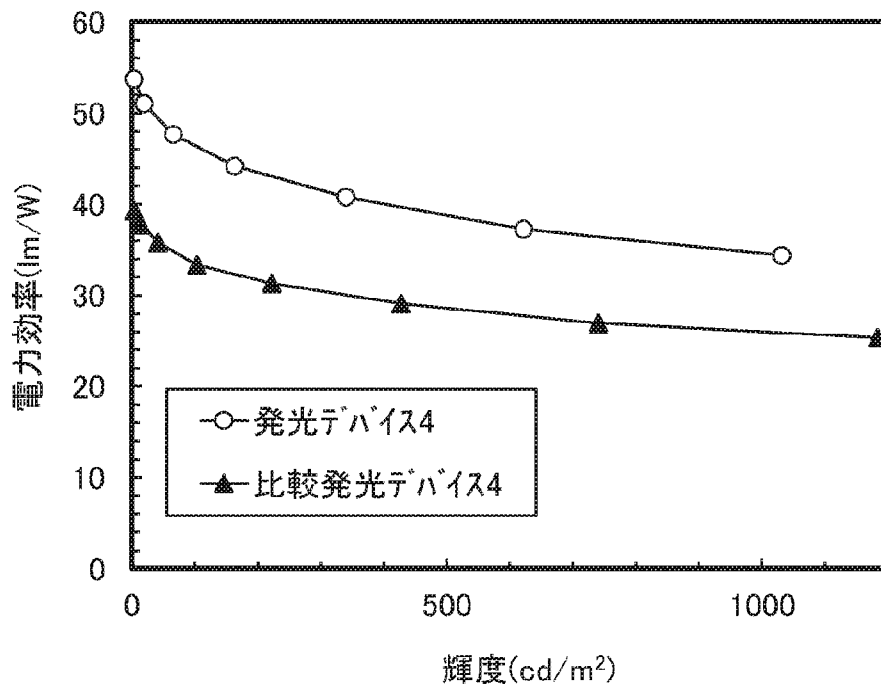


図43

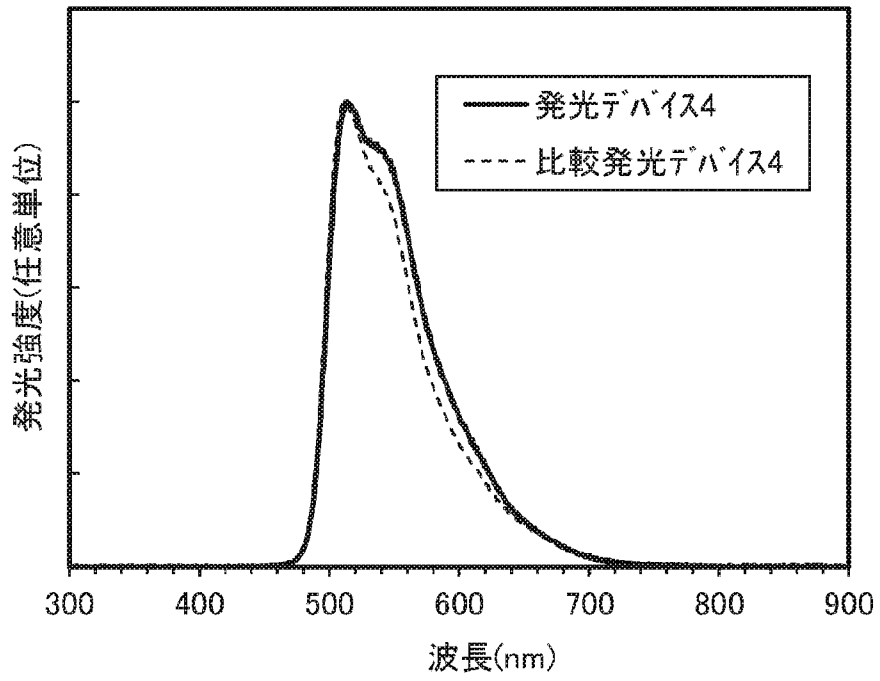


図44

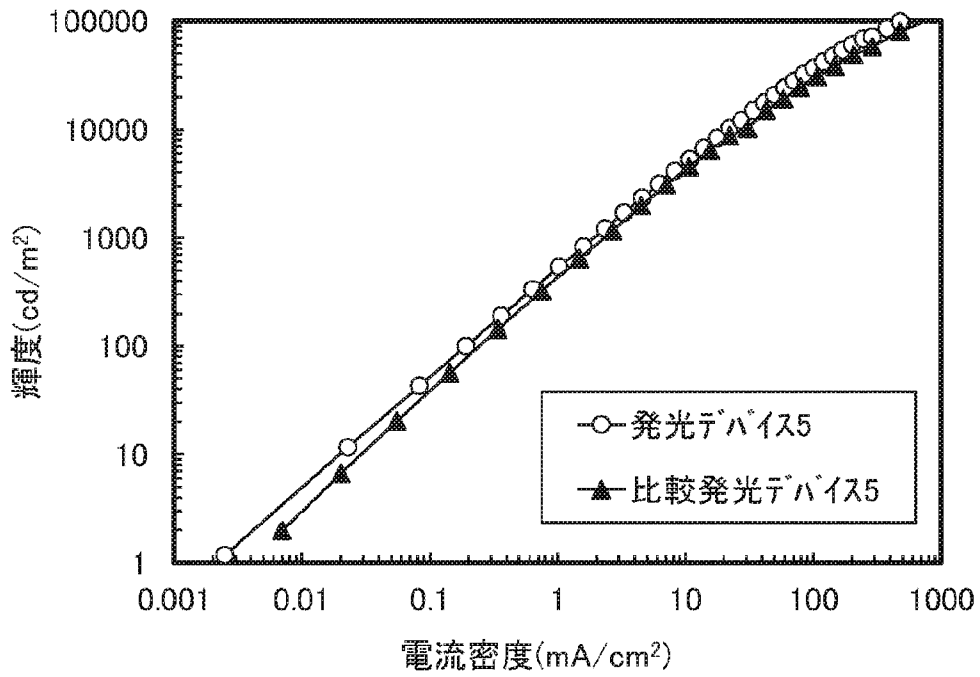


図45

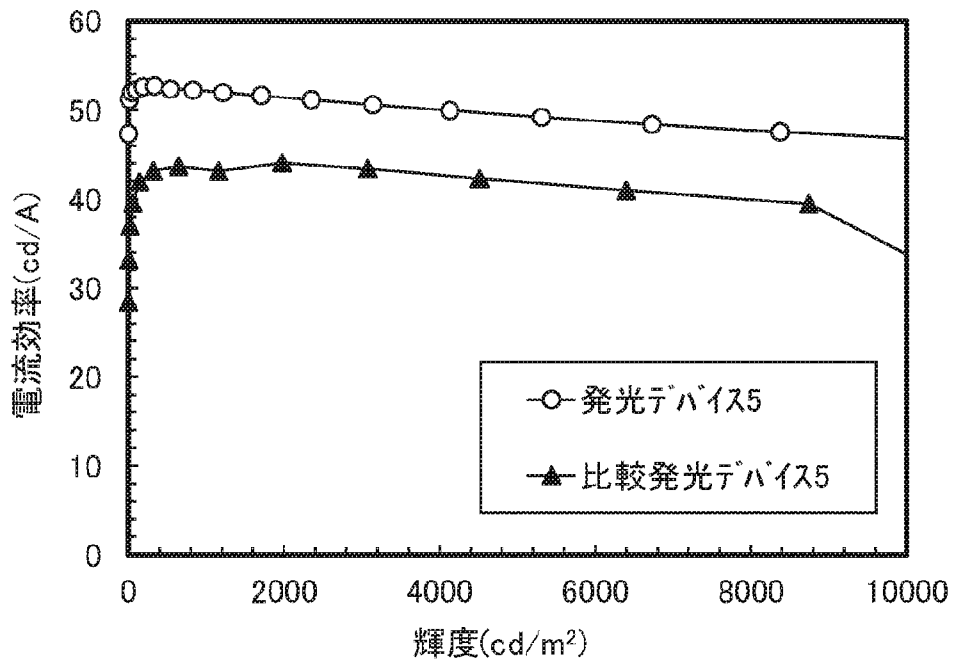


図46

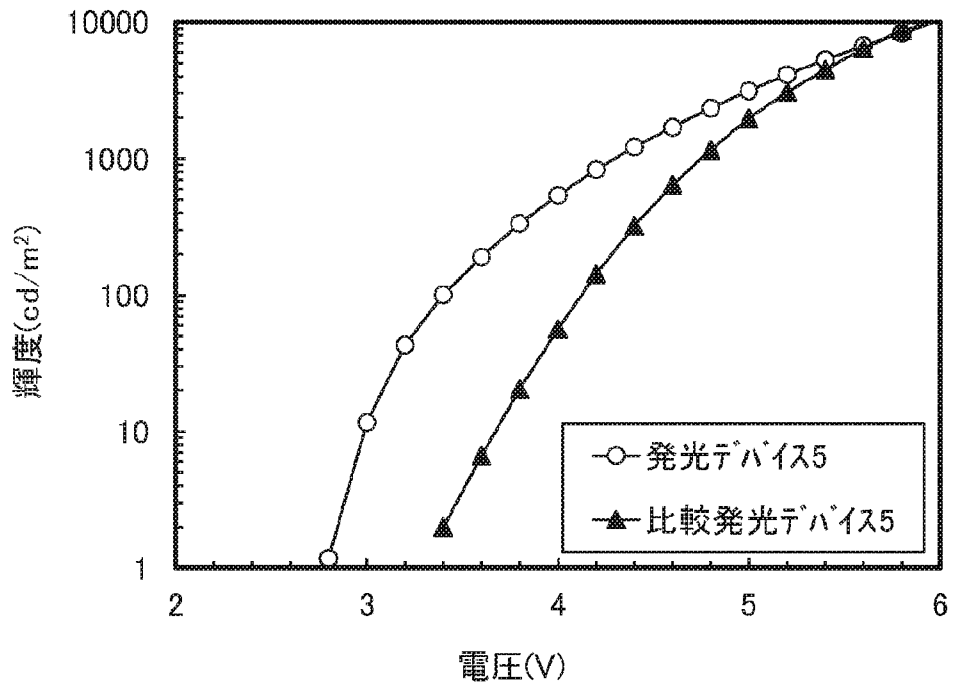


図47

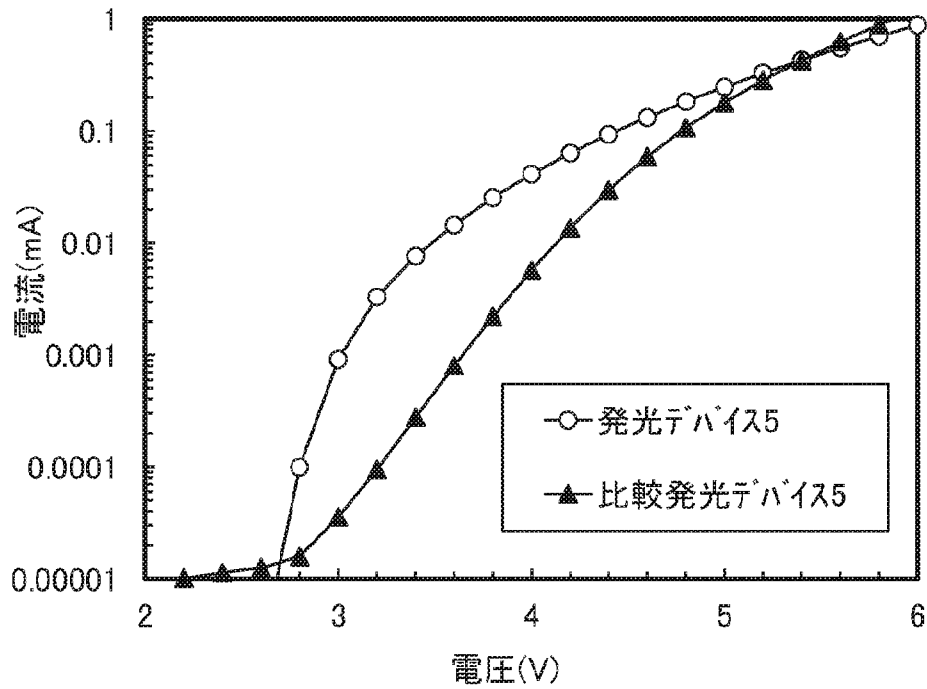


図48

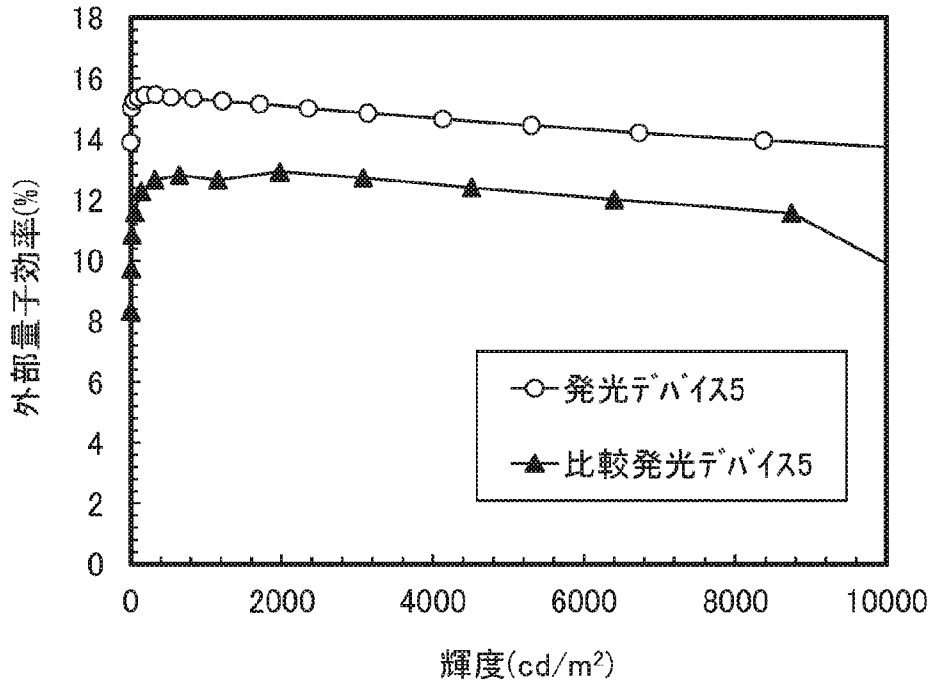


図49

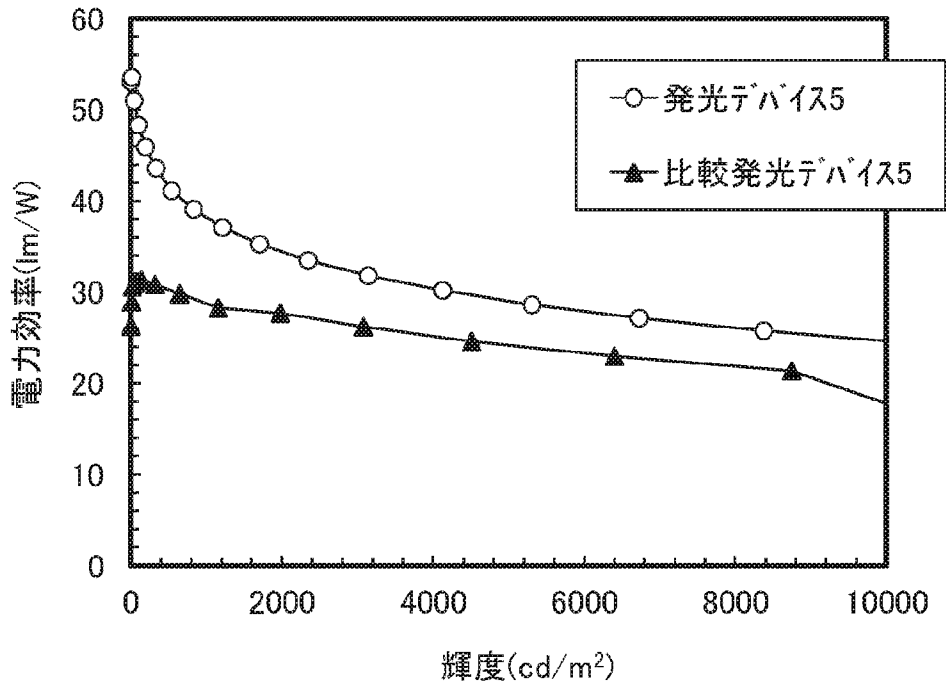
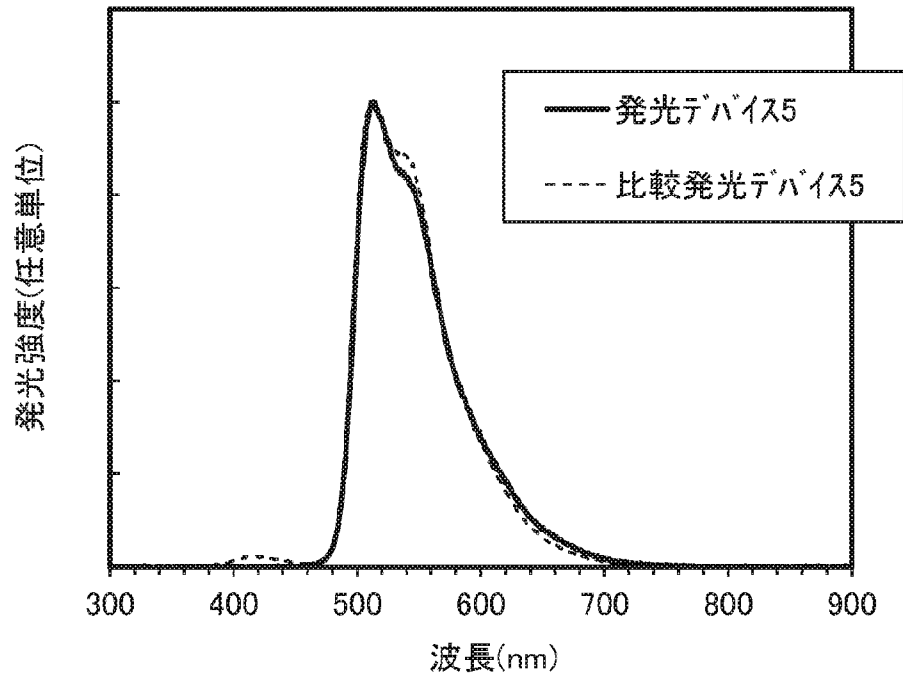


図50



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IB2021/059590

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>C07D 471/04</i> (2006.01)i; <i>C09K 11/06</i> (2006.01)i; <i>G09F 9/30</i> (2006.01)i; <i>H01L 27/32</i> (2006.01)i; <i>H01L 51/50</i> (2006.01)i FI: C07D471/04 105E; H05B33/14 B; H05B33/22 B; H05B33/22 D; H01L27/32; C07D471/04 101; C09K11/06 690; G09F9/30 365; C07D471/04 CSP		
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) C07D471/04; C09K11/06; G09F9/30; H01L27/32; 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 1971-2021 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) CAplus/REGISTRY/MARPAT (STN)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2010-215759 A (KONICA MINOLTA HOLDINGS INC) 30 September 2010 (2010-09-30) paragraphs [0052], [0196], [0243], [0254], [0270], [0273], [0286], [0290], [0299], [0369], [0396], [0400], [0424], claims	1-16
X	JP 2020-504762 A (MERCK PATENT GMBH) 13 February 2020 (2020-02-13) claims, paragraphs [0081], [0111]-[0118], [0133], [0178], [0202]-[0204]	1, 2, 5, 6
A		3, 4, 7-16
A	JP 2012-54542 A (SEMICONDUCTOR ENERGY LAB) 15 March 2012 (2012-03-15)	1-16
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 14 December 2021		Date of mailing of the international search report 11 January 2022
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/IB2021/059590

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2010-215759	A	30 September 2010	(Family: none)	
JP	2020-504762	A	13 February 2020	WO 2018/127465	A1
				claims, p. 80	
				EP 3565816	A1
				CN 110049986	A
				KR 10-2019-0102053	A
JP	2012-54542	A	15 March 2012	US 2012/0025697	A1
				WO 2012/017842	A1
				KR 10-2013-0098299	A

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） C07D 471/04(2006.01)i; C09K 11/06(2006.01)i; G09F 9/30(2006.01)i; H01L 27/32(2006.01)i; H01L 51/50(2006.01)i FI: C07D471/04 105E; H05B33/14 B; H05B33/22 B; H05B33/22 D; H01L27/32; C07D471/04 101; C09K11/06 690; G09F9/30 365; C07D471/04 CSP</p>										
<p>B. 調査を行った分野</p>										
<p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） C07D471/04; C09K11/06; G09F9/30; H01L27/32; H01L51/50</p>										
<p>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</p> <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2021年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年									
<p>国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語） CAplus/REGISTRY/MARPAT (STN)</p>										
<p>C. 関連すると認められる文献</p>										
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	JP 2010-215759 A（コニカミノルタホールディングス株式会社）30.09.2010（2010 - 09 - 30） 段落[0052], [0196], [0243], [0254], [0270], [0273], [0286], [0290], [0299], [0369], [0396], [0400], [0424], 特許請求の範囲	1-16								
X	JP 2020-504762 A（メルク パテント ゲーエムベーハー）13.02.2020（2020 - 02 - 13） 特許請求の範囲, 段落[0081], [0111]-[0118], [0133], [0178], [0202]-[0204]	1, 2, 5, 6								
A		3, 4, 7-16								
A	JP 2012-54542 A（株式会社半導体エネルギー研究所）15.03.2012（2012 - 03 - 15）	1-16								
<p><input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</p>										
<p>* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な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</p>										
国際調査を完了した日	14.12.2021	国際調査報告の発送日 11.01.2022								
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） 安藤 倫世 4P 1970 電話番号 03-3581-1101 内線 3443									

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/IB2021/059590

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2010-215759 A	30.09.2010	(ファミリーなし)	
JP 2020-504762 A	13.02.2020	WO 2018/127465 A1 特許請求の範囲, 第80頁 EP 3565816 A1 CN 110049986 A KR 10-2019-0102053 A	
JP 2012-54542 A	15.03.2012	US 2012/0025697 A1 WO 2012/017842 A1 KR 10-2013-0098299 A	