

(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
2019年1月17日(17.01.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/012373 A1

(51) 国際特許分類:

C07D 209/88 (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/IB2018/054933

(22) 国際出願日: 2018年7月4日(04.07.2018)

(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 2017-137700 2017年7月14日(14.07.2017) JP

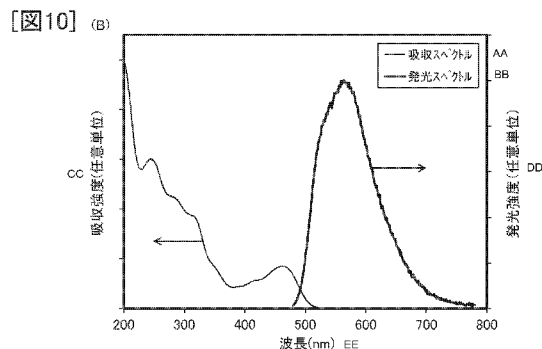
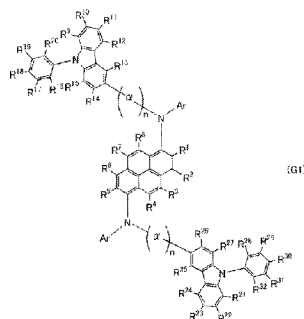
(71) 出願人: 株式会社半導体エネルギー研究所
(SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY

CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2430036 神奈川県厚木市長谷398 Kanagawa (JP).

(72) 発明者: 鈴木宏記(SUZUKI, Hiroki); 〒2430036 神奈川県厚木市長谷398 株式会社半導体エネルギー研究所内 Kanagawa (JP). 瀬尾哲史(SEO, Satoshi); 〒2430036 神奈川県厚木市長谷398 株式会社半導体エネルギー研究所内 Kanagawa (JP). 鈴木恒徳(SUZUKI, Tsunenori); 〒2430036 神奈川県厚木市長谷398 株式会社半導体エネルギー研究所内 Kanagawa (JP). 橋本直明(HASHIMOTO, Naoaki); 〒2430036 神奈川県厚木市長谷398 株式会社半導体エネルギー研究所内 Kanagawa (JP). 滝田悠介(TAKITA, Yusuke); 〒2430036

(54) Title: ORGANIC COMPOUND, LIGHT-EMITTING ELEMENT, LIGHT-EMITTING DEVICE, ELECTRONIC DEVICE, AND ILLUMINATION DEVICE

(54) 発明の名称: 有機化合物、発光素子、発光装置、電子機器、および照明装置



AA Absorption spectrum
BB Emission spectrum
CC Absorption intensity (arbitrary unit)
DD Emission intensity (arbitrary unit)
EE Wavelength (nm)

(57) Abstract: Provided is a novel organic compound. That is, provided is a novel organic compound effective in improving elemental characteristics. This organic compound has a pyrene skeleton and is represented by general formula (G1). In general formula (G1), Ar represents a substituted or unsubstituted C6-C10 aryl group, and α represents a substituted or unsubstituted phenylene group. The pyrene ring is at least monosubstituted by a substituted or unsubstituted C6-C13 aryl group, and n is 0 or 1.

[続葉有]

神奈川県厚木市長谷 3 9 8 株式会社半導体
エネルギー研究所内 Kanagawa (JP).

- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告(条約第21条(3))

(57) 要約: 新規な有機化合物を提供する。すなわち、素子特性を高める上で有効な新規の有機化合物を提供する。ピレン骨格を有し、下記一般式(G 1)で表される有機化合物である。なお、一般式(G 1)において、Arは、置換又は無置換の炭素数6乃至10のアリール基を表し、αは、置換又は無置換のフェニレン基を表す。但し、ピレン環は、置換もしくは無置換の炭素数6乃至13のアリール基で少なくとも一置換されている。また、nは、0または1である。

明細書

発明の名称

有機化合物、発光素子、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、発光装置、電子機器、および照明装置に関する。但し、本発明の一態様は、上記の技術分野に限定されない。すなわち、本発明の一態様は、物、方法、製造方法、または駆動方法に関する。または、本発明の一態様は、プロセス、マシン、マニュファクチャ、または、組成物（コンポジション・オブ・マター）に関する。また、具体的には、半導体装置、表示装置、液晶表示装置などを一例として挙げることができる。

背景技術

[0002]

一対の電極間にEL層を挟んでなる発光素子（有機EL素子ともいう）は、薄型軽量、入力信号に対する高速な応答性、低消費電力などの特性を有することから、これらを適用したディスプレイは、次世代のフラットパネルディスプレイとして注目されている。

[0003]

発光素子は、一対の電極間に電圧を印加することにより、各電極から注入された電子およびホールがEL層において再結合し、EL層に含まれる発光物質（有機化合物）が励起状態となり、その励起状態が基底状態に戻る際に発光する。なお、励起状態の種類としては、一重項励起状態（ S^* ）と三重項励起状態（ T^* ）とがあり、一重項励起状態からの発光が蛍光、三重項励起状態からの発光が燐光と呼ばれている。また、発光素子におけるそれらの統計的な生成比率は、 $S^* : T^* = 1 : 3$ であると考えられている。発光物質から得られる発光スペクトルはその発光物質特有のものであり、異なる種類の有機化合物を発光物質として用いることによって、様々な発光色の発光素子を得ることができる。

[0004]

このような発光素子に関しては、その素子特性を向上させる為に、素子構造の改良や材料開発等が盛んに行われている（例えば、特許文献1参照。）。

[先行技術文献]

[特許文献]

[0005]

[特許文献1] 特開2013-102146号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006]

発光素子の開発において、発光素子に用いる有機化合物は、その特性を高める上で非常に重要である。そこで、特定の構造を有することに起因した新たな特性を有する新規な有機化合物を提供する。また、素子特性を高める上で有効な新規の有機化合物を提供する。また、本発明の一態様では、発光素子に用いることができる新規な有機化合物を提供する。また、本発明の一態様では、発光素子のEL層に用いることができる、新規な有機化合物を提供する。また、本発明の一態様である新規な有機化合物を用いた高効率で信頼性の高い新規な発光素子を提供する。また、新規な発光装置、新規な電子機器、

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

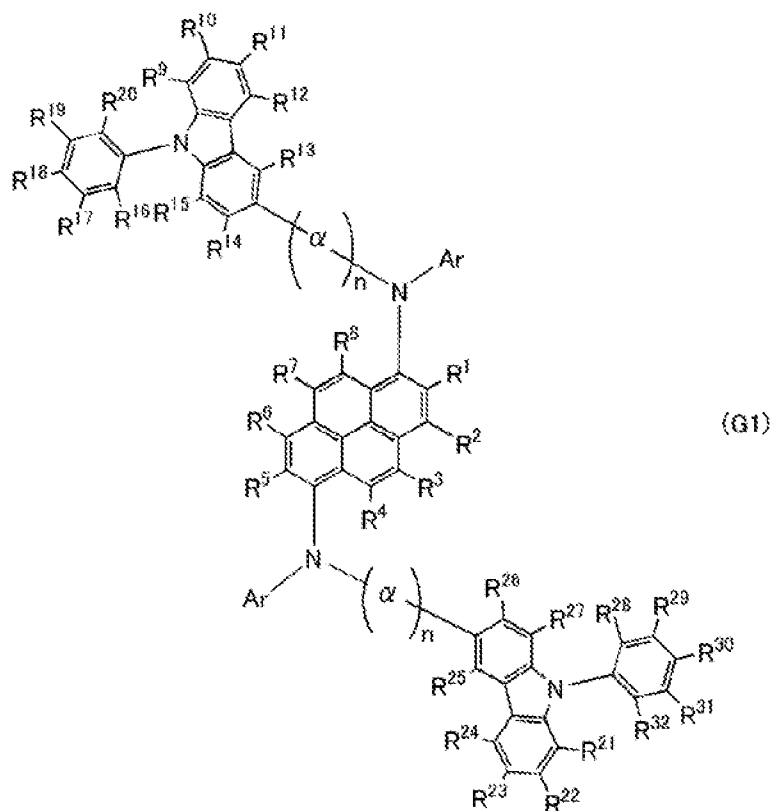
課題を解決するための手段

[0007]

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。

[0008]

[化1]



[0009]

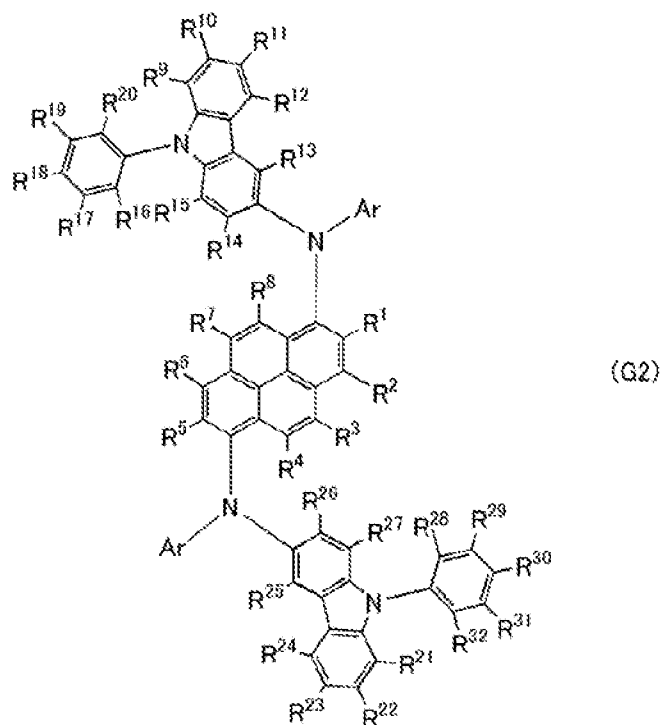
一般式（G1）において、Arは、置換又は無置換の炭素数6乃至10のアリール基を表し、αは、置換又は無置換のフェニレン基を表し、R¹乃至R⁸は、それぞれ独立に水素原子、炭素数1乃至6のアルキル基、または置換もしくは無置換の炭素数6乃至13のアリール基のいずれか一を表す。但し、R¹乃至R⁸の少なくとも一は、置換もしくは無置換の炭素数6乃至13のアリール基を表す。また、R⁹乃至R³²は、それぞれ独立に水素原子、または炭素数1乃至6のアルキル基のいずれか一を表す。また、nは、0または1である。

[0010]

また、本発明の別の態様は、下記一般式（G2）で表される有機化合物である。

[0011]

[化2]



(G2)

[0012]

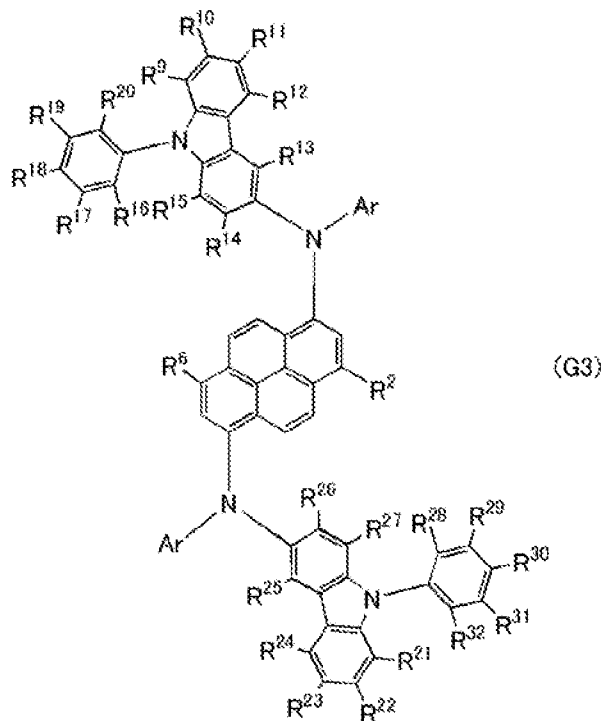
一般式 (G 2) において、Ar は、置換又は無置換の炭素数 6 乃至 10 のアリール基を表し、R¹ 乃至 R⁸ は、それぞれ独立に水素原子、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、または置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基のいずれか一を表す。但し、R¹ 乃至 R⁸ の少なくとも一は、置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基を表す。また、R⁹ 乃至 R³² は、それぞれ独立に水素原子、または炭素数 1 乃至 6 のアルキル基のいずれか一を表す。

[0013]

また、本発明の別の態様は、下記一般式 (G 3) で表される有機化合物である。

[0014]

[化 3]



[0015]

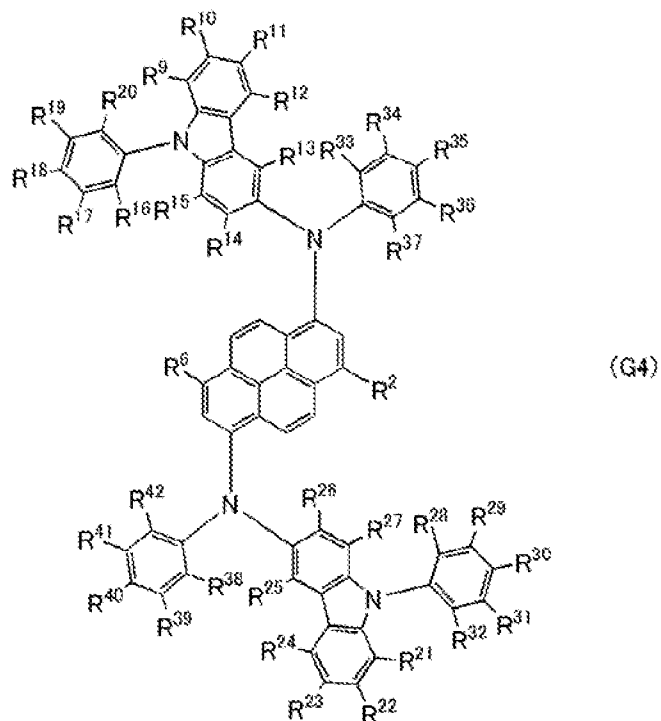
一般式 (G3) において、Ar は、置換又は無置換の炭素数 6 乃至 10 のアリール基を表し、R² および R⁶ は、それぞれ独立に水素原子、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、または置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基のいずれか一を表す。但し、R² および R⁶ の少なくとも一は、置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基を表す。また、R⁹ 乃至 R³² は、それぞれ独立に水素原子、または炭素数 1 乃至 6 のアルキル基のいずれか一を表す。

[0016]

また、本発明の別の態様は、下記一般式 (G4) で表される有機化合物である。

[0017]

[化4]



[0018]

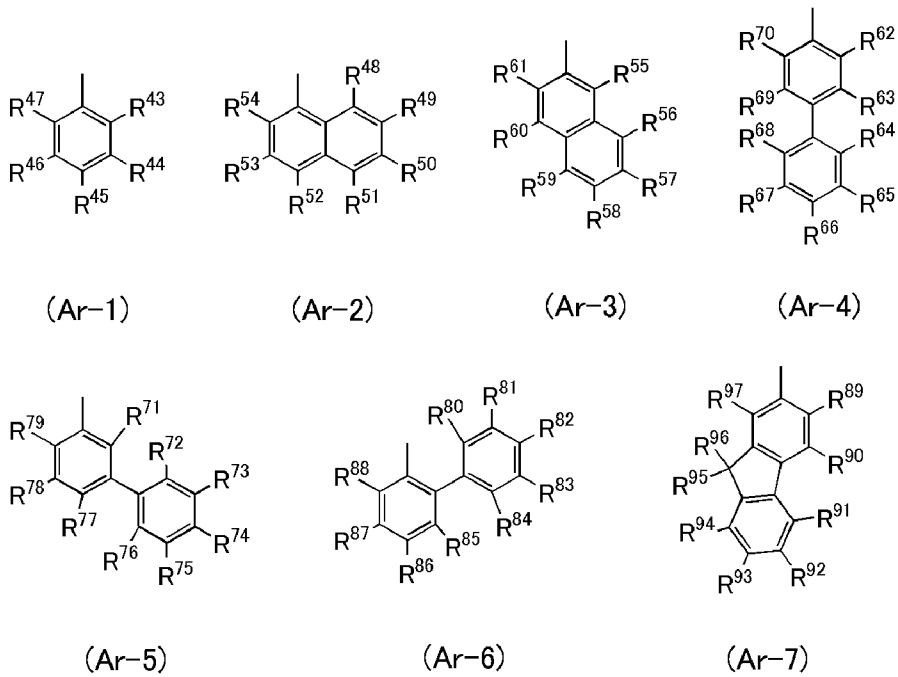
一般式 (G 4) において、 R^2 および R^6 は、それぞれ独立に水素原子、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、または置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基のいずれか一を表す。但し、 R^2 および R^6 の少なくとも一は、置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基を表す。また、 R^9 乃至 R^{42} は、それぞれ独立に水素原子、または炭素数 1 乃至 6 のアルキル基のいずれか一を表す。

[0019]

なお、一般式 (G 1)、(G 2)、(G 3)、および (G 4) において、 R^2 および R^6 は、下記構造式 (Ar-1) 乃至 (Ar-7) のいずれか一で表されることを特徴とする。

[0020]

[化5]



[0 0 2 1]

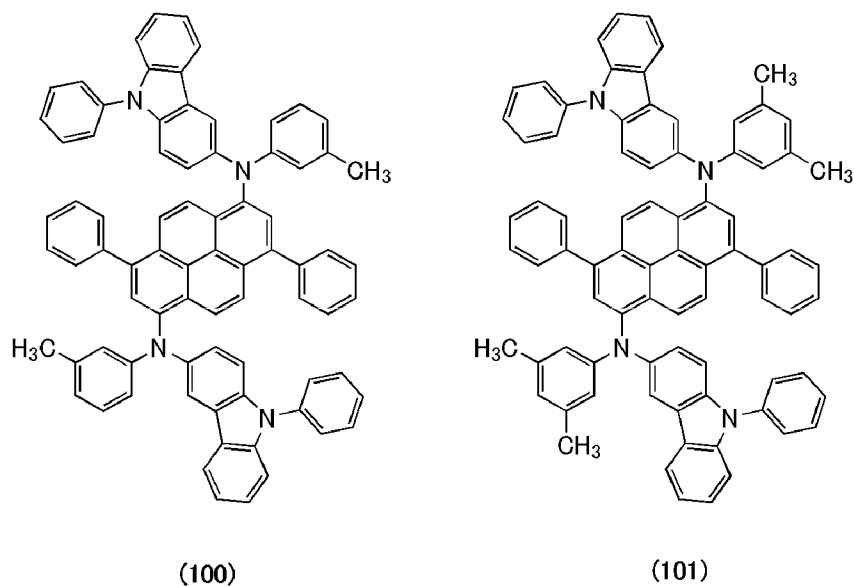
構造式 (Ar-1) 乃至 (Ar-7) において、 R^{43} 乃至 R^{97} は、それぞれ独立に水素原子、または炭素数 1 乃至 6 のアルキル基のいずれか一を表す。

[0 0 2 2]

また、本発明の別の態様は、構造式 (100) または構造式 (101) で表される有機化合物である。

[0 0 2 3]

[化6]



[0 0 2 4]

本発明の別の態様は、上述した本発明の一態様である有機化合物を用いた発光素子である。なお、

上記有機化合物に加えてホスト材料を有する発光素子も本発明に含める。

[0025]

本発明の別の態様は、上述した本発明の一態様である有機化合物を用いた発光素子である。なお、一対の電極間に有するEL層や、EL層に含まれる発光層に本発明の一態様である有機化合物を用いて形成された発光素子も本発明に含まれることとする。また、発光素子に加えて、トランジスタ、基板などを有する発光装置も発明の範疇に含める。さらに、これらの発光装置に加えて、マイク、カメラ、操作ボタン、外部接続部、筐体、カバー、支持台または、スピーカ等を有する電子機器や照明装置も発明の範疇に含める。

[0026]

また、本発明の一態様は、発光素子を有する発光装置を含み、さらに発光装置を有する照明装置も範疇に含めるものである。従って、本明細書中における発光装置とは、画像表示デバイス、または光源（照明装置含む）を指す。また、発光装置に、例えばFPC (Flexible Printed Circuit) もしくはTCP (Tape Carrier Package) 等のコネクタが取り付けられたモジュール、TCPの先にプリント配線板が設けられたモジュール、または発光素子に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全て発光装置に含むものとする。

発明の効果

[0027]

本発明の一態様は、新規な有機化合物を提供することができる。また、素子特性を高める上で有効な新規の有機化合物を提供することができる。また、本発明の一態様では、発光素子に用いることができる新規な有機化合物を提供することができる。また、本発明の一態様では、発光素子のEL層に用いることができる新規な有機化合物を提供することができる。また、本発明の一態様である新規な有機化合物を用いた高効率で信頼性の高い新規な発光素子を提供することができる。また、新規な発光装置、新規な電子機器、または新規な照明装置を提供することができる。なお、これらの効果の記載は、他の効果の存在を妨げるものではない。なお、本発明の一態様は、必ずしも、これらの効果の全てを有する必要はない。なお、これら以外の効果は、明細書、図面、請求項などの記載から、自ずと明らかとなるものであり、明細書、図面、請求項などの記載から、これら以外の効果を抽出することが可能である。

図面の簡単な説明

[0028]

[図1] 発光素子の構造について説明する図。

[図2] 発光装置について説明する図。

[図3] 発光装置について説明する図。

[図4] 電子機器について説明する図。

[図5] 電子機器について説明する図。

[図6] 自動車について説明する図。

[図7] 照明装置について説明する図。

[図8] 照明装置について説明する図。

[図9] 構造式(100)に示す有機化合物の¹H-NMRチャート。

[図10] 構造式(100)に示す有機化合物の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

- [図 1 1] 構造式 (1 0 1) に示す有機化合物の $^1\text{H-NMR}$ チャート。
- [図 1 2] 構造式 (1 0 1) に示す有機化合物の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。
- [図 1 3] 発光素子について説明する図。
- [図 1 4] 発光素子 1 の電流密度－輝度特性を示す図。
- [図 1 5] 発光素子 1 の電圧－輝度特性を示す図。
- [図 1 6] 発光素子 1 の輝度－電流効率特性を示す図。
- [図 1 7] 発光素子 1 の電圧－電流特性を示す図。
- [図 1 8] 発光素子 1 の発光スペクトルを示す図。
- [図 1 9] 発光素子 1 の信頼性を示す図。
- [図 2 0] 発光素子 2 の電流密度－輝度特性を示す図。
- [図 2 1] 発光素子 2 の電圧－輝度特性を示す図。
- [図 2 2] 発光素子 2 の輝度－電流効率特性を示す図。
- [図 2 3] 発光素子 2 の電圧－電流特性を示す図。
- [図 2 4] 発光素子 2 の発光スペクトルを示す図。

発明を実施するための形態

[0 0 2 9]

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

[0 0 3 0]

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

[0 0 3 1]

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

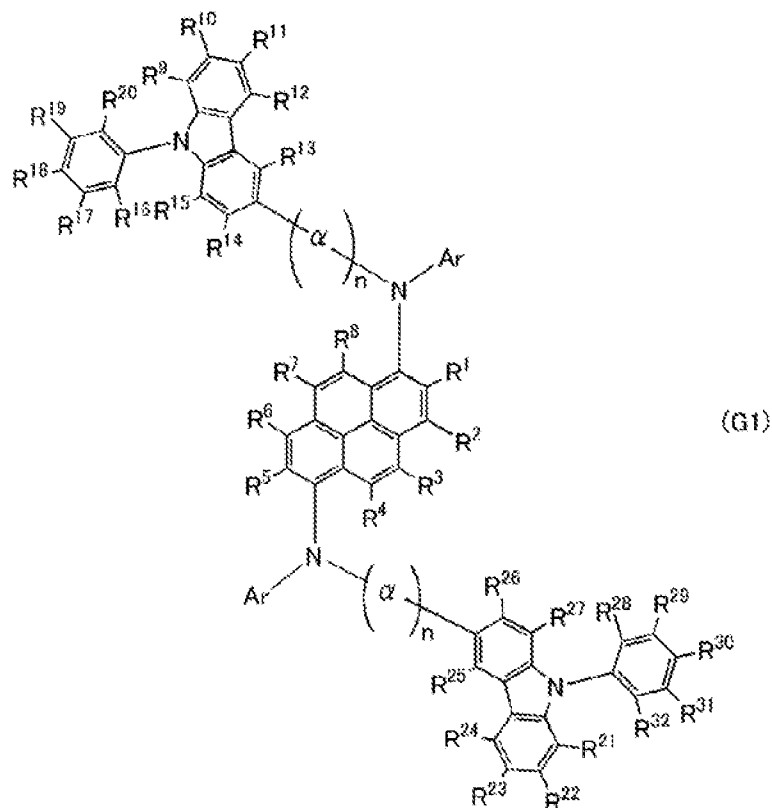
[0 0 3 2]

(実施の形態 1)

本実施の形態では、本発明の一態様である有機化合物について説明する。なお、本発明の一態様である有機化合物は、ピレン骨格を有し、下記一般式 (G 1) で表される。

[0 0 3 3]

[化 7]



[0034]

なお、一般式 (G1) において、Ar は、置換又は無置換の炭素数 6 乃至 10 のアリール基を表し、 α は、置換又は無置換のフェニレン基を表し、 R^1 乃至 R^8 は、それぞれ独立に水素原子、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、または置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基のいずれか一を表す。但し、 R^1 乃至 R^8 の少なくとも一は、置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基を表す。また、 R^9 乃至 R^{32} は、それぞれ独立に水素原子、または炭素数 1 乃至 6 のアルキル基のいずれか一を表す。また、n は、0 または 1 である。

[0035]

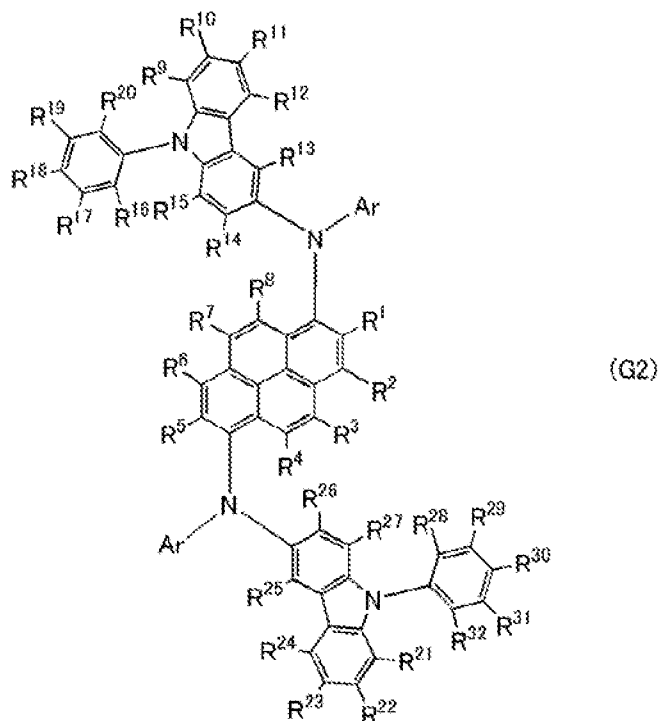
なお、一般式 (G1) において、 R^1 乃至 R^8 の少なくとも一を、置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基とすることにより、すなわち、ペレン骨格に置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基を有することにより、一般式 (G1) で表される有機化合物の量子収率を向上させることができるため好ましい。

[0036]

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

[0037]

[化8]



[0038]

一般式 (G2) において、Ar は、置換又は無置換の炭素数 6 乃至 10 のアリール基を表し、R¹ 乃至 R⁸ は、それぞれ独立に水素原子、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、または置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基のいずれか一を表す。但し、R¹ 乃至 R⁸ の少なくとも一は、置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基を表す。また、R⁹ 乃至 R³² は、それぞれ独立に水素原子、または炭素数 1 乃至 6 のアルキル基のいずれか一を表す。

[0039]

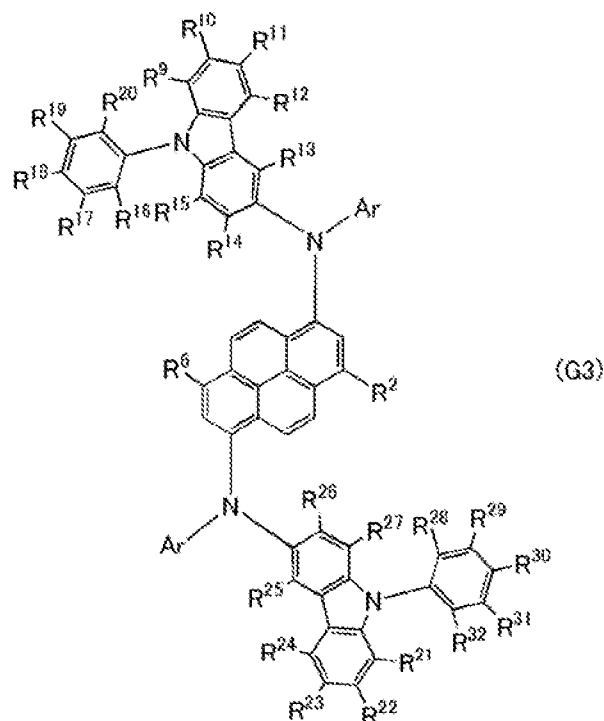
なお、一般式 (G2) において、R¹ 乃至 R⁸ の少なくとも一を、置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基とすることにより、すなわち、ペレン骨格に置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基を有することにより、一般式 (G2) で表される有機化合物の量子収率を向上させることができるため好ましい。

[0040]

また、本発明の別の態様は、下記一般式 (G3) で表される有機化合物である。

[0041]

[化9]



[0042]

一般式 (G 3) において、Ar は、置換又は無置換の炭素数 6 乃至 10 のアリール基を表し、R² および R⁶ は、それぞれ独立に水素原子、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、または置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基のいずれか一を表す。但し、R² および R⁶ の少なくとも一は、置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基を表す。また、R⁹ 乃至 R³² は、それぞれ独立に水素原子、または炭素数 1 乃至 6 のアルキル基のいずれか一を表す。

[0043]

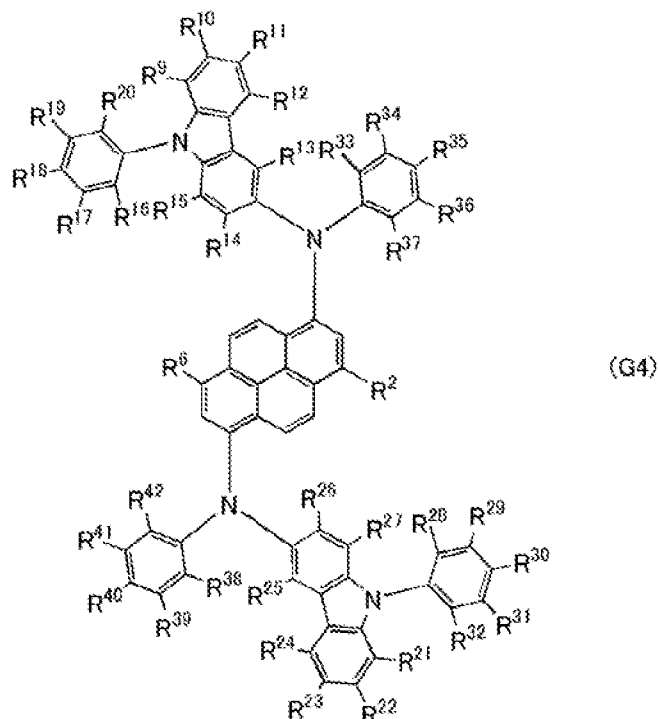
一般式 (G 3) において、R² および R⁶ の少なくとも一を、置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基とすることにより、すなわち、ピレン骨格に置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基を有することにより、一般式 (G 1) で表される有機化合物の量子収率を向上させることができるため好ましい。

[0044]

また、本発明の別の態様は、下記一般式 (G 4) で表される有機化合物である。

[0045]

[化10]



[0046]

一般式 (G 4) において、 R^2 および R^6 は、それぞれ独立に水素原子、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、または置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基のいずれか一を表す。但し、 R^2 および R^6 の少なくとも一は、置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基を表す。また、 R^9 乃至 R^{42} は、それぞれ独立に水素原子、または炭素数 1 乃至 6 のアルキル基のいずれか一を表す。

[0047]

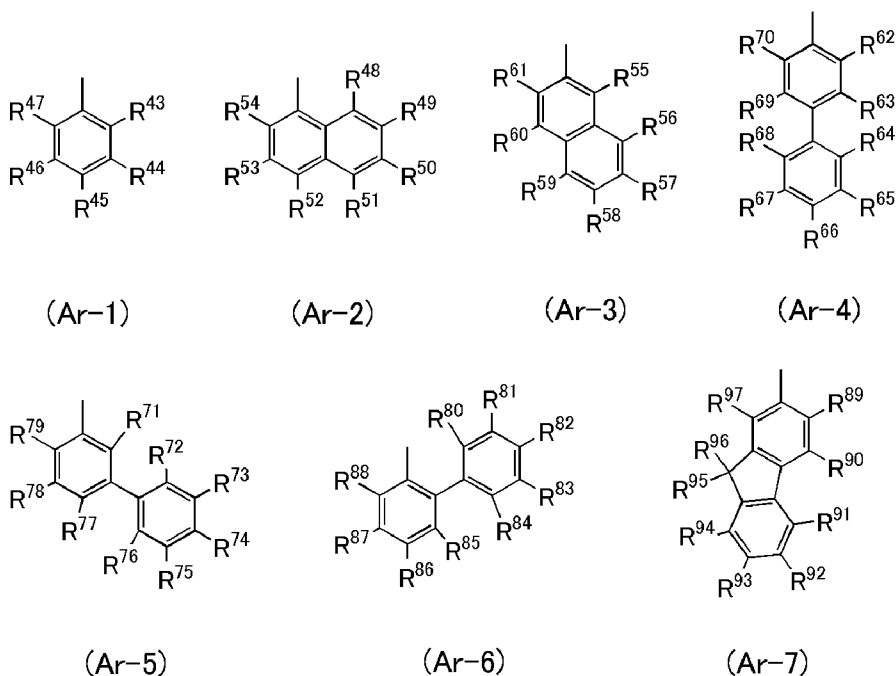
一般式 (G 4) において、 R^2 および R^6 の少なくとも一を、置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基とすることにより、すなわち、ピレン骨格に置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基を有することにより、一般式 (G 1) で表される有機化合物の量子収率を向上させることができるため好ましい。

[0048]

なお、上記 (G 1)、(G 2)、(G 3)、および (G 4) において、 R^2 および R^6 は、下記構造式 (Ar-1) 乃至 (Ar-7) のいずれか一で表されることを特徴とする。

[0049]

[化11]



[0050]

構造式 (Ar-1) 乃至 (Ar-7) において、 R^{43} 乃至 R^{97} は、それぞれ独立に水素原子、または炭素数 1 乃至 6 のアルキル基のいずれか一を表す。

[0051]

また、上記一般式 (G1) ~ (G4) において、置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 10 のアリール基が置換基を有する場合、該置換基としてはメチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、ブチル基、イソブチル基、sec-ブチル基、tert-ブチル基、ペンチル基、ヘキシル基のような炭素数 1 乃至 7 のアルキル基や、シクロペンチル基、シクロヘキシル基、シクロヘプチル基、8, 9, 10-トリノルボルナニル基、のような炭素数 5 乃至 7 のシクロアルキル基や、フェニル基、ナフチル基、ビフェニル基のような炭素数 6 乃至 12 のアリール基等が挙げられる。

[0052]

また、上記一般式 (G1) ~ (G4) における炭素数 6 乃至 10 のアリール基の具体例としては、フェニル基、o-トリル基、m-トリル基、p-トリル基、メシチル基、1-ナフチル基、2-ナフチル基等が挙げられる。

[0053]

また、上記一般式 (G1) ~ (G4) における炭素数 1 乃至 6 のアルキル基の具体例としては、メチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、ブチル基、sec-ブチル基、イソブチル基、tert-ブチル基、ペンチル基、イソペンチル基、sec-ペンチル基、tert-ペンチル基、ネオペンチル基、ヘキシル基、イソヘキシル基、3-メチルペンチル基、2-メチルペンチル基、2-エチルブチル基、1, 2-ジメチルブチル基、2, 3-ジメチルブチル基、等が挙げられる。

[0054]

また、上記一般式 (G1) ~ (G4) における炭素数 6 乃至 13 のアリール基の具体例としては、フェニル基、o-トリル基、m-トリル基、p-トリル基、メシチル基、o-ビフェニル基、m-ビフェニル基、p-ビフェニル基、1-ナフチル基、2-ナフチル基、フルオレニル基、9, 9-ジメチ

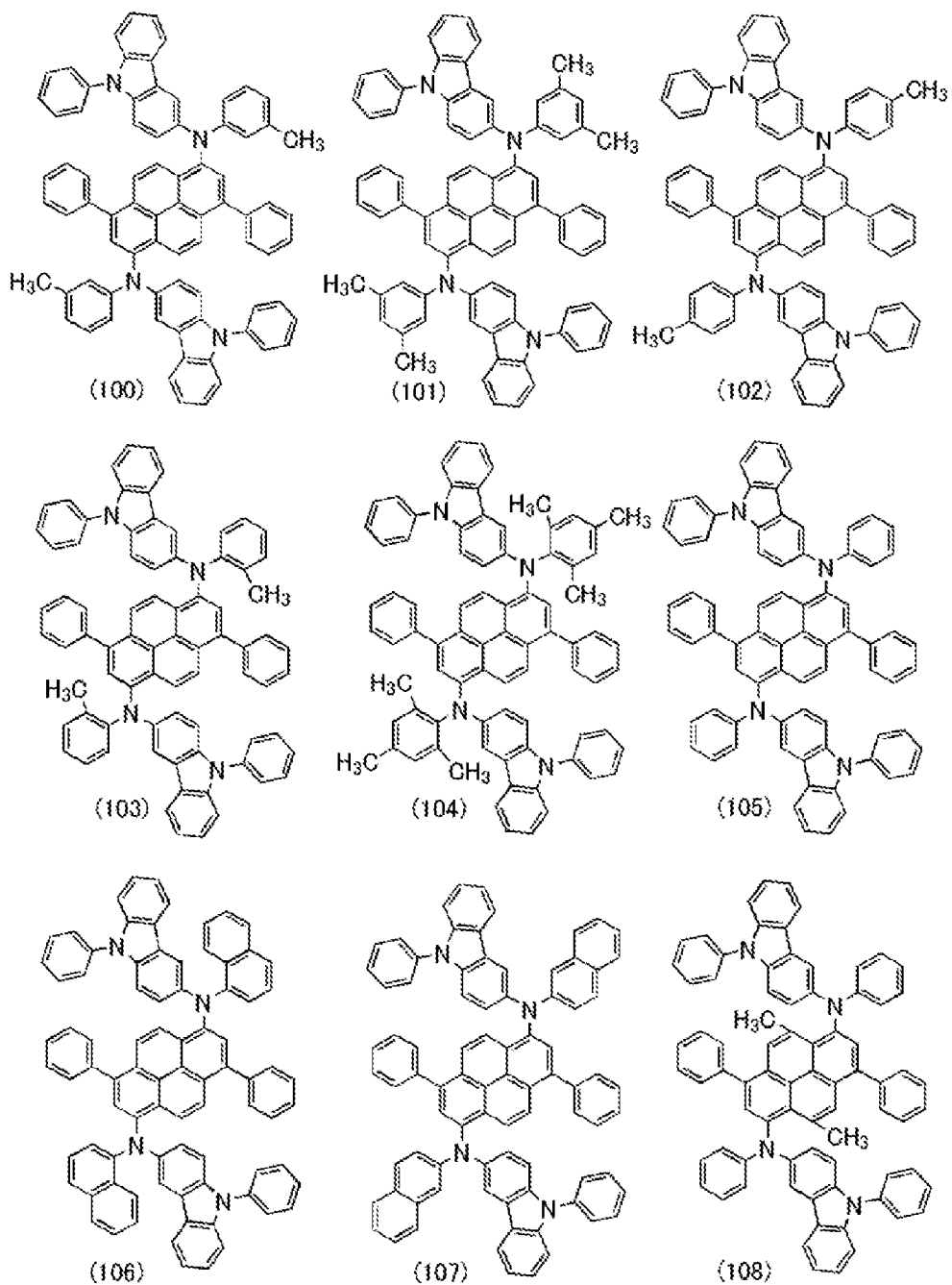
ルフルオレニル基等が挙げられる。

[0055]

次に、上述した本発明の一態様である有機化合物の具体的な構造式を下記に示す。ただし、本発明はこれらに限定されることはない。

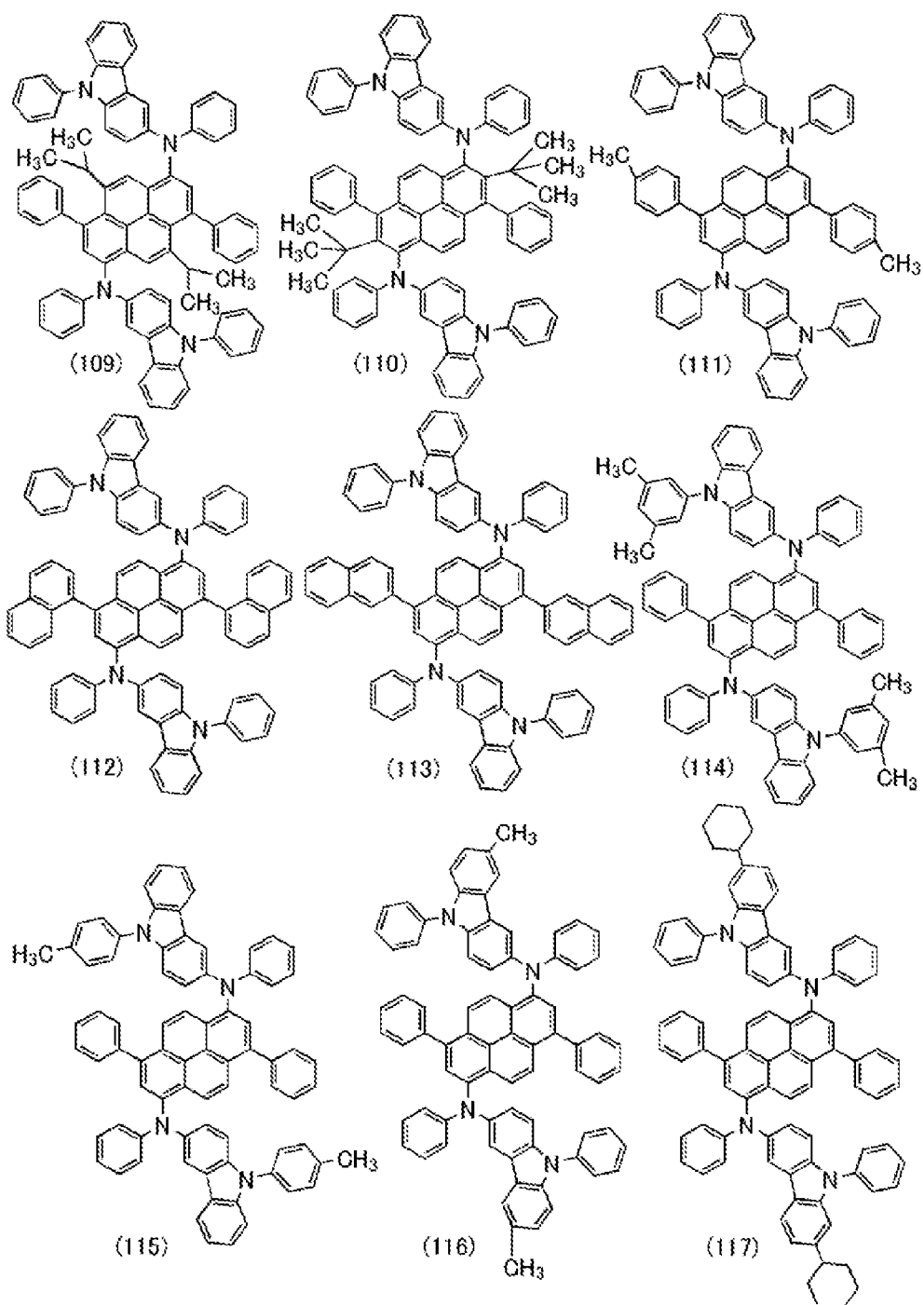
[0056]

[化12]



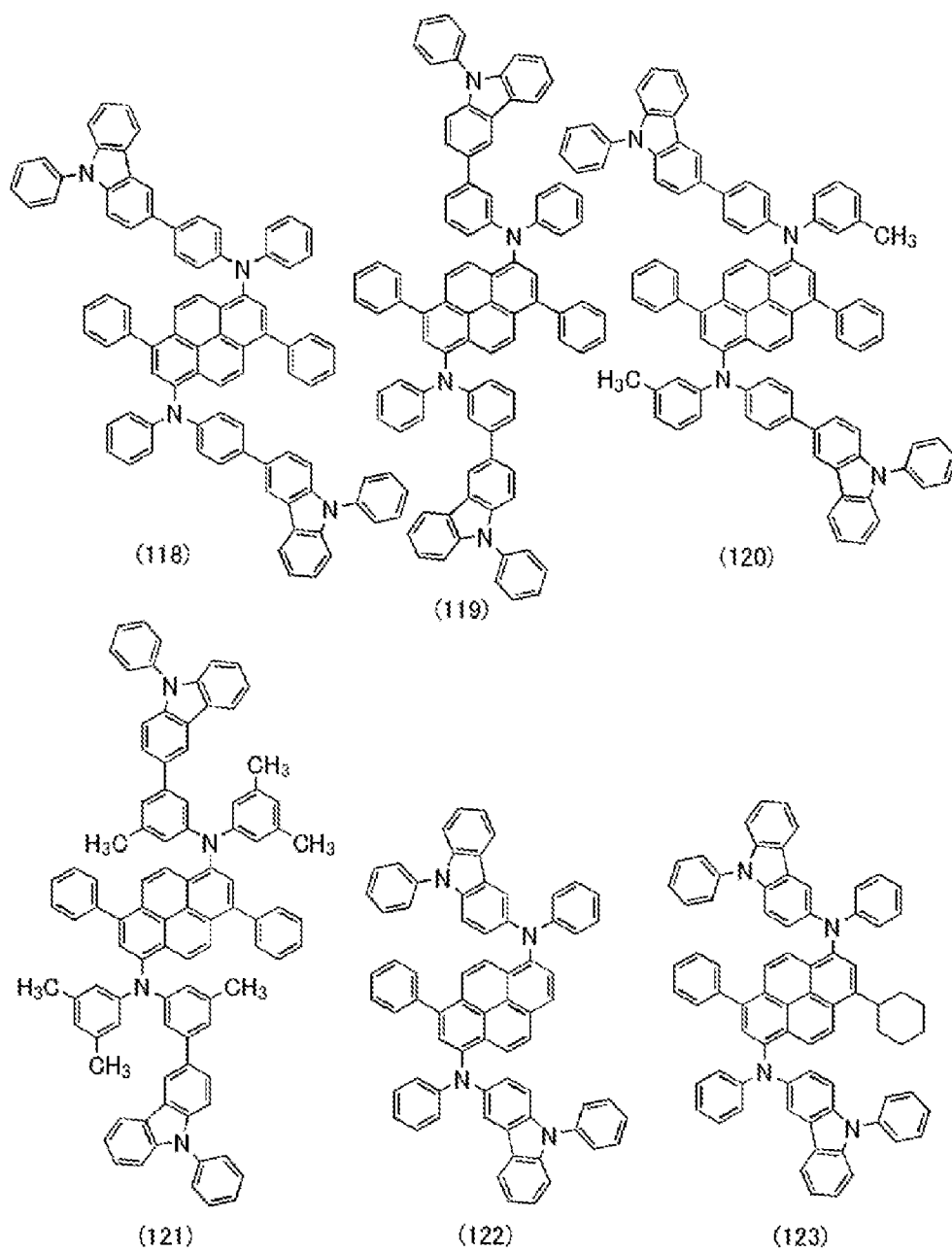
[0057]

[化13]



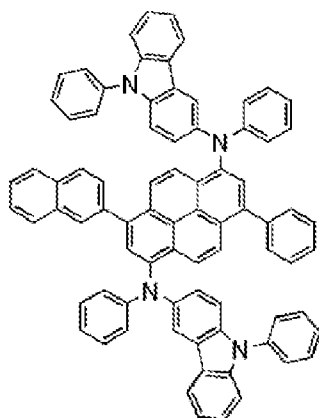
[0 0 5 8]

[化 1 4]

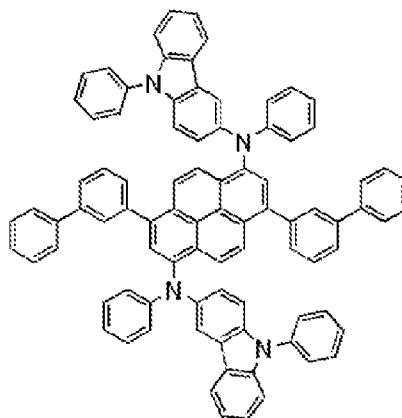


[0 0 5 9]

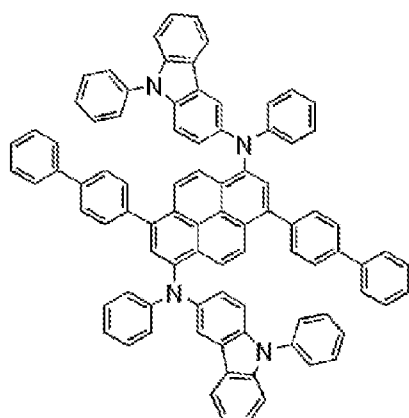
[化 1 5]



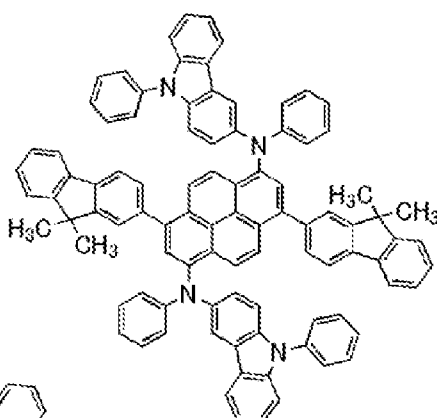
(124)



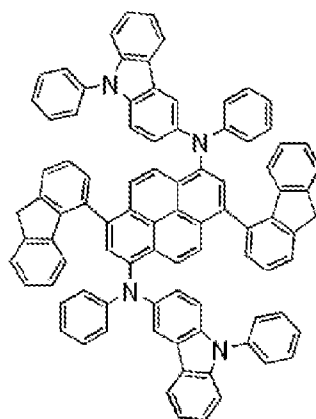
(125)



(126)



(127)



(128)

[0060]

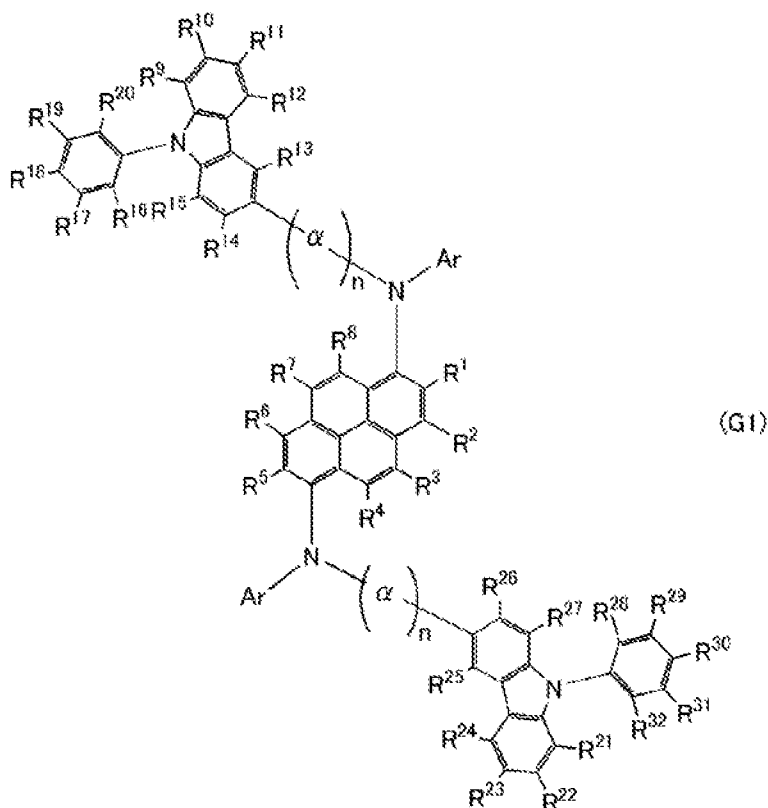
なお、上記構造式(100)～(128)で表される有機化合物は、上記一般式(G1)～(G4)で表される有機化合物に含まれる一例であり、本発明の一態様である有機化合物は、これに限られない。

[0061]

次に、本発明の一態様であり、下記一般式(G1)で表される有機化合物の合成方法の一例について説明する。

[0062]

[化16]



[0063]

一般式 (G1) において、Ar は、置換又は無置換の炭素数 6 乃至 10 のアリール基を表し、 α は、置換又は無置換のフェニレン基を表し、 R^1 乃至 R^8 は、それぞれ独立に水素原子、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、または置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基のいずれか一を表す。但し、 R^1 乃至 R^8 の少なくとも一は、置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基を表す。また、 R^9 乃至 R^{32} は、それぞれ独立に水素原子、または炭素数 1 乃至 6 のアルキル基のいずれか一を表す。また、 n は、0 または 1 である。

[0064]

《一般式 (G1) で表される有機化合物の合成方法》

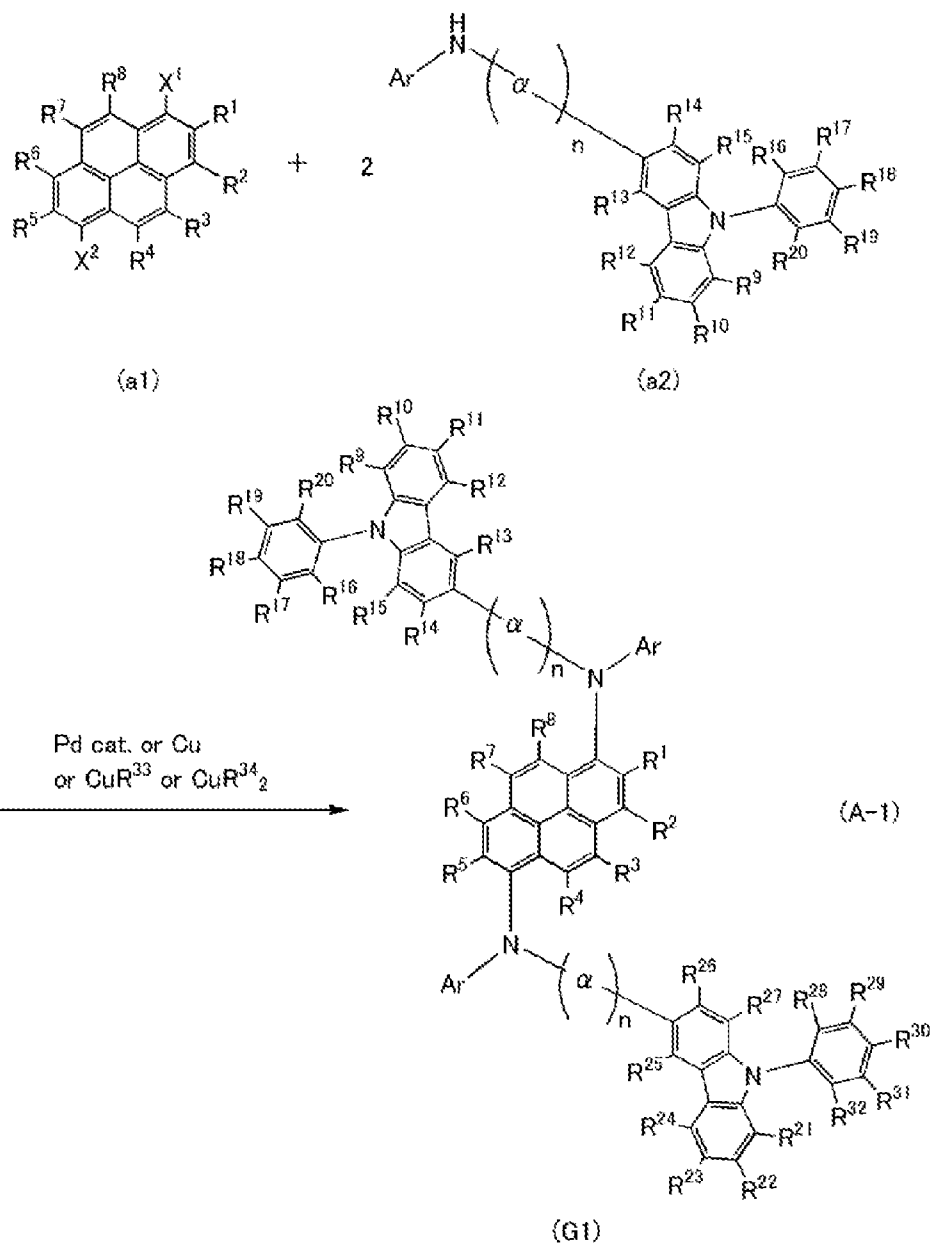
上記一般式 (G1) で表される有機化合物の合成には、種々の反応を適用することができ、例えば、以下の合成スキームに示す簡便な方法により、一般式 (G1) で表される有機化合物を合成することができる。

[0065]

例えば、下記スキーム (A-1) に示すように、ピレン誘導体 (a1) と、カルバゾール骨格を含むアミン化合物 (a2) とを、塩基存在下で金属触媒、金属、または金属化合物によりカップリングさせることにより、本実施の形態で示す有機化合物 (G1) を得ることができる。

[0066]

[化17]



[0067]

なお、合成スキーム (A-1) において、 Ar は、置換又は無置換の炭素数 6 乃至 10 のアリール基を表し、 α は、置換又は無置換のフェニレン基を表し、 R^1 乃至 R^8 は、それぞれ独立に水素原子、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、または置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基のいずれか一を表す。但し、 R^1 乃至 R^8 の少なくとも一は、置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基を表す。また、 R^9 乃至 R^{32} は、それぞれ独立に水素原子、または炭素数 1 乃至 6 のアルキル基のいずれか一を表す。また、 n は、0 または 1 である。

[0068]

なお、合成スキーム (A-1) において、ハートウィック・ブッフバルト反応を行う場合、 X^1 および X^2 はそれぞれハロゲン又はトリフレート基を表す。ハロゲンとしては、ヨウ素、臭素又は塩素が好ましい。当該反応では、ビス (ジベンジリデンアセトン) パラジウム (0)、酢酸パラジウム (II) 等のパラジウム錯体又は化合物と、それに配位するトリ (tert-ブチル) ホスフィンや、ト

リ（ n －ヘキシル）ホスフィンや、トリシクロヘキシルホスフィン等の配位子を用いるパラジウム触媒を利用する。塩基としては、ナトリウム *tert*－ブトキシド等の有機塩基や、炭酸カリウム等の無機塩基等が挙げられる。また、溶媒を使用する場合、トルエン、キシレン、ベンゼン、テトラヒドロフラン等を用いることができる。

[0069]

また、合成スキーム（A－1）において、ウルマン反応を行う場合、 X^1 および X^2 は、それぞれハロゲンを表す。ハロゲンとしては、ヨウ素、臭素又は塩素が好ましい。触媒としては、銅もしくは銅化合物を用いる。銅化合物を触媒として用いる場合、式（A－1）中における、 R^{33} 、 R^{34} は、それぞれ、ハロゲンやアセチル基等を表し、ハロゲンとしては塩素、臭素、ヨウ素が挙げられる。なお、 R^{33} がヨウ素であるヨウ化銅（I）、又は R^{34} がアセチル基である酢酸銅（II）を用いることが好ましい。用いる塩基としては、炭酸カリウム等の無機塩基が挙げられる。また、溶媒は、1，3－ジメチル－3，4，5，6－テトラヒドロ－2（1H）ピリミジノン（DMPU）、トルエン、キシレン、ベンゼン等を用いる。但し、上記溶媒はこれらに限られるものではない。ウルマン反応では、反応温度が100℃以上の方がより短時間かつ高収率で目的物が得られるため、沸点の高いDMPU、キシレンを用いることが好ましい。また、反応温度は150℃以上のより高い温度が更に好ましいため、より好ましくはDMPUを用いることとする。

[0070]

以上により、本実施の形態の一態様である有機化合物を合成することができる。

[0071]

以上、本発明の一態様である、ピレン骨格を有する有機化合物、及びその合成方法の一例について説明したが、本発明はこれに限定されることはなく、他のどのような合成方法によって合成されても良い。

[0072]

また、本発明の一態様である、ピレン骨格を有する有機化合物は、高い量子収率を有することから、これを用いることにより、発光効率の高い発光素子、発光装置、電子機器、または照明装置等を実現することができる。

[0073]

なお、本実施の形態において、本発明の一態様について述べた。また、他の実施の形態において、本発明の一態様について述べる。ただし、本発明の一態様は、これらに限定されない。つまり、本実施の形態および他の実施の形態では、様々な発明の態様が記載されているため、本発明の一態様は、特定の態様に限定されない。

[0074]

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

[0075]

（実施の形態2）

本実施の形態では、実施の形態1で示した有機化合物を用いた発光素子について図1を用いて説明する。

[0076]

《発光素子の基本的な構造》

まず、発光素子の基本的な構造について説明する。図1（A）には、一対の電極間に発光層を含むE

L層を有する発光素子を示す。具体的には、第1の電極101と第2の電極102との間にEL層103が挟まれた構造を有する。

[0077]

また、図1(B)には、一対の電極間に複数(図1(B)では、2層)のEL層(103a、103b)を有し、EL層の間に電荷発生層104を有する積層構造(タンデム構造)の発光素子を示す。タンデム構造の発光素子は、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。

[0078]

電荷発生層104は、第1の電極101と第2の電極102に電圧を印加したときに、一方のEL層(103aまたは103b)に電子を注入し、他方のEL層(103bまたは103a)に正孔を注入する機能を有する。従って、図1(B)において、第1の電極101に第2の電極102よりも電位が高くなるように電圧を印加すると、電荷発生層104からEL層103aに電子が注入され、EL層103bに正孔が注入されることとなる。

[0079]

なお、電荷発生層104は、光の取り出し効率の点から、可視光に対して透光性を有する(具体的には、電荷発生層104に対する可視光の透過率が、40%以上)ことが好ましい。また、電荷発生層104は、第1の電極101や第2の電極102よりも低い導電率であっても機能する。

[0080]

また、図1(C)には、本発明の一態様である発光素子のEL層103の積層構造を示す。但し、この場合、第1の電極101は陽極として機能するものとする。EL層103は、第1の電極101上に、正孔(ホール)注入層111、正孔(ホール)輸送層112、発光層113、電子輸送層114、電子注入層115が順次積層された構造を有する。なお、図1(B)に示すタンデム構造のように複数のEL層を有する場合であっても、各EL層が、陽極側から上記のように順次積層される構造とする。また、第1の電極101が陰極で、第2の電極102が陽極の場合は、積層順は逆になる。

[0081]

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

[0082]

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

[0083]

なお、発光素子の第1の電極101が、反射性を有する導電性材料と透光性を有する導電性材料(透明導電膜)との積層構造からなる反射電極である場合、透明導電膜の膜厚を制御することにより光学調整を行うことができる。具体的には、発光層113から得られる光の波長 λ に対して、第1の電極101と、第2の電極102との電極間距離が $m\lambda/2$ (ただし、 m は自然数)近傍となるように調

整するのが好ましい。

[0084]

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

[0085]

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

[0086]

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

[0087]

図1(C)に示す発光素子は、マイクロキャビティ構造を有するため、同じEL層を有していても異なる波長の光(単色光)を取り出すことができる。従って、異なる発光色を得るための塗り分け(例えば、RGB)が不要となる。従って、高精細化を実現することが容易である。また、着色層(カラーフィルタ)との組み合わせも可能である。さらに、特定波長の正面方向の発光強度を強めることが可能となるため、低消費電力化を図ることができる。

[0088]

図1(E)に示す発光素子は、図1(B)に示したタンデム構造の発光素子の一例であり、図に示すように、3つのEL層(103a、103b、103c)が電荷発生層(104a、104b)を挟んで積層される構造を有する。なお、3つのEL層(103a、103b、103c)は、それぞれに発光層(113a、113b、113c)を有しており、各発光層の発光色は、自由に組み合わせることができる。例えば、発光層113aを青色、発光層113bを赤色、緑色、または黄色のいずれか、発光層113cを青色とすることができるが、発光層113aを赤色、発光層113bを青色、緑色、または黄色のいずれか、発光層113cを赤色とすることもできる。

[0089]

なお、上述した本発明の一態様である発光素子において、第1の電極101と第2の電極102の少なくとも一方は、透光性を有する電極(透明電極、半透過・半反射電極など)とする。透光性を有する電極が透明電極の場合、透明電極の可視光の透過率は、40%以上とする。また、半透過・半反射電極の場合、半透過・半反射電極の可視光の反射率は、20%以上80%以下、好ましくは40%以

上70%以下とする。また、これらの電極は、抵抗率が $1 \times 10^{-2} \Omega \text{ cm}$ 以下とするのが好ましい。

[0090]

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

[0091]

《発光素子の具体的な構造および作製方法》

次に、本発明の一態様である発光素子の具体的な構造および作製方法について、図1を用いて説明する。また、ここでは、図1（B）に示すタンデム構造を有し、マイクロキャビティ構造を備えた発光素子についても図1（D）を用いて説明する。図1（D）に示す発光素子がマイクロキャビティ構造を有する場合は、第1の電極101を反射電極として形成し、第2の電極102を半透過・半反射電極として形成する。従って、所望の電極材料を単数または複数用い、単層または積層して形成することができる。なお、第2の電極102は、EL層103bを形成した後、上記と同様に材料を選択して形成する。また、これらの電極の作製には、スパッタ法や真空蒸着法を用いることができる。

[0092]

＜第1の電極および第2の電極＞

第1の電極101および第2の電極102を形成する材料としては、上述した両電極の機能が満たせるのであれば、以下に示す材料を適宜組み合わせる用いることができる。例えば、金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物などを適宜用いることができる。具体的には、In-Sn酸化物（ITOともいう）、In-Si-Sn酸化物（ITSOともいう）、In-Zn酸化物、In-W-Zn酸化物が挙げられる。その他、アルミニウム（Al）、チタン（Ti）、クロム（Cr）、マンガン（Mn）、鉄（Fe）、コバルト（Co）、ニッケル（Ni）、銅（Cu）、ガリウム（Ga）、亜鉛（Zn）、インジウム（In）、スズ（Sn）、モリブデン（Mo）、タンタル（Ta）、タングステン（W）、パラジウム（Pd）、金（Au）、白金（Pt）、銀（Ag）、イットリウム（Y）、ネオジム（Nd）などの金属、およびこれらを適宜組み合わせる含む合金を用いることもできる。その他、上記例示のない元素周期表の第1族または第2族に属する元素（例えば、リチウム（Li）、セシウム（Cs）、カルシウム（Ca）、ストロンチウム（Sr）、ユウロピウム（Eu）、イッテルビウム（Yb）などの希土類金属およびこれらを適宜組み合わせる含む合金、その他グラフェン等を用いることができる。

[0093]

図1（D）に示す発光素子において、第1の電極101が陽極である場合、第1の電極101上にEL層103aの正孔注入層111aおよび正孔輸送層112aが真空蒸着法により順次積層形成される。EL層103aおよび電荷発生層104が形成された後、電荷発生層104上にEL層103bの正孔注入層111bおよび正孔輸送層112bが同様に順次積層形成される。

[0094]

＜正孔注入層および正孔輸送層＞

正孔注入層（111、111a、111b）は、陽極である第1の電極101や電荷発生層（104）からEL層（103、103a、103b）に正孔（ホール）を注入する層であり、正孔注入性の高い材料を含む層である。

[0095]

正孔注入性の高い材料としては、モリブデン酸化物やバナジウム酸化物、ルテニウム酸化物、タングステン酸化物、マンガン酸化物等の遷移金属酸化物が挙げられる。この他、フタロシアニン（略称： H_2Pc ）や銅フタロシアニン（略称： $CuPC$ ）等のフタロシアニン系の化合物、4, 4'-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル（略称：DPAB）、N, N'-ビス{4-[ビス(3-メチルフェニル)アミノ]フェニル}-N, N'-ジフェニル（1, 1'-ビフェニル）-4, 4'-ジアミン（略称：DNTPD）等の芳香族アミン化合物、またはポリ(3, 4-エチレンジオキシチオフェン)/ポリ(スチレンスルホン酸)（略称：PEDOT/PSS）等の高分子等を用いることができる。

[0096]

また、正孔注入性の高い材料としては、正孔輸送性材料とアクセプター性材料（電子受容性材料）を含む複合材料を用いることもできる。この場合、アクセプター性材料により正孔輸送性材料から電子が引き抜かれて正孔注入層（111、111a、111b）で正孔が発生し、正孔輸送層（112、112a、112b）を介して発光層（113、113a、113b）に正孔が注入される。なお、正孔注入層（111、111a、111b）は、正孔輸送性材料とアクセプター性材料（電子受容性材料）を含む複合材料からなる単層で形成しても良いが、正孔輸送性材料とアクセプター性材料（電子受容性材料）とをそれぞれ別の層で積層して形成しても良い。

[0097]

正孔輸送層（112、112a、112b）は、正孔注入層（111、111a、111b）によって、第1の電極101や電荷発生層（104）から注入された正孔を発光層（113、113a、113b）に輸送する層である。なお、正孔輸送層（112、112a、112b）は、正孔輸送性材料を含む層である。正孔輸送層（112、112a、112b）に用いる正孔輸送性材料は、特に正孔注入層（111、111a、111b）のHOMO準位と同じ、あるいは近いHOMO準位を有するものを用いることが好ましい。

[0098]

正孔注入層（111、111a、111b）に用いるアクセプター性材料としては、元素周期表における第4族乃至第8族に属する金属の酸化物を用いることができる。具体的には、酸化モリブデン、酸化バナジウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化クロム、酸化タングステン、酸化マンガン、酸化レニウムが挙げられる。中でも特に、酸化モリブデンは大気中でも安定であり、吸湿性が低く、扱いやすいため好ましい。その他、キノジメタン誘導体やクロラニル誘導体、ヘキサアザトリフェニレン誘導体などの有機アクセプターを用いることができる。具体的には、7, 7, 8, 8-テトラシアノ-2, 3, 5, 6-テトラフルオロキノジメタン（略称： F_4-TCNQ ）、クロラニル、2, 3, 6, 7, 10, 11-ヘキサシアノ-1, 4, 5, 8, 9, 12-ヘキサアザトリフェニレン（略称：HAT-CN）等を用いることができる。

[0099]

正孔注入層（111、111a、111b）および正孔輸送層（112、112a、112b）に用いる正孔輸送性材料としては、 $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質が好ましい。なお、電子よりも正孔の輸送性の高い物質であれば、これら以外のものを用いることができる。

[0100]

正孔輸送性材料としては、 π 電子過剰型複素芳香族化合物（例えばカルバゾール誘導体やインドール

誘導体)や芳香族アミン化合物が好ましく、具体例としては、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または α -NPD)、N, N'-ビス(3-メチルフェニル)-N, N'-ジフェニル-[1, 1'-ビフェニル]-4, 4'-ジアミン(略称:TPD)、4, 4'-ビス[N-(スピロ-9, 9'-ビフルオレン-2-イル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:BSPB)、4-フェニル-4'-(9-フェニルフルオレン-9-イル)トリフェニルアミン(略称:BPALP)、4-フェニル-3'-(9-フェニルフルオレン-9-イル)トリフェニルアミン(略称:mBPALP)、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)、3-[4-(9-フェナントリル)-フェニル]-9-フェニル-9H-カルバゾール(略称:PCPPn)、N-(4-ビフェニル)-N-(9, 9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-9-フェニル-9H-カルバゾール-3-アミン(略称:PCBiF)、N-(1, 1'-ビフェニル-4-イル)-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]-9, 9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称:PCBBiF) 4, 4'-ジフェニル-4''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称:PCBBi1BP)、4-(1-ナフチル)-4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称:PCBANB)、4, 4'-ジ(1-ナフチル)-4''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称:PCBNBB)、9, 9-ジメチル-N-フェニル-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]フルオレン-2-アミン(略称:PCBAF)、N-フェニル-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]スピロ-9, 9'-ビフルオレン-2-アミン(略称:PCBASF)、4, 4', 4''-トリス(カルバゾール-9-イル)トリフェニルアミン(略称:TCTA)、4, 4', 4''-トリス(N, N-ジフェニルアミノ)トリフェニルアミン(略称:TDATA)、4, 4', 4''-トリス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ]トリフェニルアミン(略称:MTDATA)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)、3, 3'-ビス(9-フェニル-9H-カルバゾール)(略称:PCCP)、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)、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)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-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]ジベンゾチオフエン(略称:DBTFLP-I I I)、4-[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]-6-フェニルジベンゾチオフエン(略称:DBTFLP-I V)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-I I)、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:mmDBFFLB i-I I)などのフラン骨格を有す

る化合物が挙げられる。

[0101]

さらに、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）などの高分子化合物を用いることもできる。

[0102]

但し、正孔輸送性材料は、上記に限られることなく公知の様々な材料を1種または複数種組み合わせて正孔輸送性材料として正孔注入層（111、111a、111b）および正孔輸送層（112、112a、112b）に用いることができる。なお、正孔輸送層（112、112a、112b）は、各々複数の層から形成されていても良い。すなわち、例えば第1の正孔輸送層と第2の正孔輸送層とが積層されていても良い。

[0103]

図1（D）に示す発光素子においては、EL層103aの正孔輸送層112a上に発光層113aが真空蒸着法により形成される。また、EL層103aおよび電荷発生層104が形成された後、EL層103bの正孔輸送層112b上に発光層113bが真空蒸着法により形成される。

[0104]

<発光層>

発光層（113、113a、113b、113c）は、発光物質を含む層である。なお、発光物質としては、青色、紫色、青紫色、緑色、黄緑色、黄色、橙色、赤色などの発光色を呈する物質を適宜用いる。また、複数の発光層（113a、113b、113c）に異なる発光物質を用いることにより異なる発光色を呈する構成（例えば、補色の関係にある発光色を組み合わせ得られる白色発光）とすることができる。さらに、一つの発光層が異なる発光物質を有する積層構造であっても良い。

[0105]

また、発光層（113、113a、113b、113c）は、発光物質（ゲスト材料）に加えて、1種または複数種の有機化合物（ホスト材料、アシスト材料）を有していても良い。また、1種または複数種の有機化合物としては、本実施の形態で説明する正孔輸送性材料や電子輸送性材料の一方または両方を用いることができる。

[0106]

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

[0107]

なお、他の発光物質としては、例えば、以下のようなものが挙げられる。

[0108]

一重項励起エネルギーを発光に変える発光物質としては、蛍光を発する物質（蛍光材料）が挙げられ、例えば、ピレン誘導体、アントラセン誘導体、トリフェニレン誘導体、フルオレン誘導体、カルバゾール誘導体、ジベンゾチオフェン誘導体、ジベンゾフラン誘導体、ジベンゾキノキサリン誘導体、キノキサリン誘導体、ピリジン誘導体、ピリミジン誘導体、フェナントレン誘導体、ナフタレン誘導体

などが挙げられる。特にピレン誘導体は発光量子収率が高いので好ましい。ピレン誘導体の具体例としては、N, N' -ビス (3-メチルフェニル) -N, N' -ビス [3- (9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル) フェニル] ピレン-1, 6-ジアミン (略称: 1, 6 mMe mFLPAPrn)、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, 6 FL P A P r n)、N, N' -ビス (ジベンゾフラン-2-イル) -N, N' -ジフェニルピレン-1, 6-ジアミン (略称: 1, 6 Fr A P r n)、N, N' -ビス (ジベンゾチオフェン-2-イル) -N, N' -ジフェニルピレン-1, 6-ジアミン (略称: 1, 6 Th A P r n)、N, N' - (ピレン-1, 6-ジイル) ビス [(N-フェニルベンゾ [b] ナフト [1, 2-d] フラン) -6-アミン] (略称: 1, 6 B n f A P r n)、N, N' - (ピレン-1, 6-ジイル) ビス [(N-フェニルベンゾ [b] ナフト [1, 2-d] フラン) -8-アミン] (略称: 1, 6 B n f A P r n-02)、N, N' - (ピレン-1, 6-ジイル) ビス [(6, N-ジフェニルベンゾ [b] ナフト [1, 2-d] フラン) -8-アミン] (略称: 1, 6 B n f A P r n-03) などが挙げられる。

[0109]

その他にも、5, 6-ビス [4- (10-フェニル-9-アントリル) フェニル] -2, 2'-ビピリジン (略称: PAP2BPY)、5, 6-ビス [4'- (10-フェニル-9-アントリル) ビフェニル-4-イル] -2, 2'-ビピリジン (略称: PAPP2BPY)、N, N' -ビス [4- (9H-カルバゾール-9-イル) フェニル] -N, N' -ジフェニルスチルベン-4, 4'-ジアミン (略称: YGA2S)、4- (9H-カルバゾール-9-イル) -4'- (10-フェニル-9-アントリル) トリフェニルアミン (略称: YGAPA)、4- (9H-カルバゾール-9-イル) -4'- (9, 10-ジフェニル-2-アントリル) トリフェニルアミン (略称: 2YGAPPA)、N, 9-ジフェニル-N- [4- (10-フェニル-9-アントリル) フェニル] -9H-カルバゾール-3-アミン (略称: PCAPA)、4- (10-フェニル-9-アントリル) -4'- (9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル) トリフェニルアミン (略称: PCBAPA)、4- [4- (10-フェニル-9-アントリル) フェニル] -4'- (9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル) トリフェニルアミン (略称: PCBAPBA)、ペリレン、2, 5, 8, 11-テトラ-tert-ブチルペリレン (略称: TBP)、N, N'' - (2-tert-ブチルアントラセン-9, 10-ジイルジ-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) 等を用いることができる。

[0110]

また、三重項励起エネルギーを発光に変える発光物質としては、例えば、燐光を発する物質 (燐光材料) や熱活性化遅延蛍光を示す熱活性化遅延蛍光 (Thermally activated delayed fluorescence: TADF) 材料が挙げられる。

[0111]

燐光材料としては、有機金属錯体、金属錯体 (白金錯体)、希土類金属錯体等が挙げられる。これらは、物質ごとに異なる発光色 (発光ピーク) を示すため、必要に応じて適宜選択して用いる。

[0112]

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

[0113]

例えば、トリス {2-[5-(2-メチルフェニル)-4-(2,6-ジメチルフェニル)-4H-1,2,4-トリアゾール-3-イル- κ N2]フェニル- κ C} イリジウム (III) (略称:[Ir(mpp tz-dmp)₃])、トリス (5-メチル-3,4-ジフェニル-4H-1,2,4-トリアゾラト) イリジウム (III) (略称:[Ir(Mp tz)₃])、トリス [4-(3-ビフェニル)-5-イソプロピル-3-フェニル-4H-1,2,4-トリアゾラト] イリジウム (III) (略称:[Ir(iPr p tz-3b)₃])、トリス [3-(5-ビフェニル)-5-イソプロピル-4-フェニル-4H-1,2,4-トリアゾラト] イリジウム (III) (略称:[Ir(iPr 5b tz)₃])、のような4H-トリアゾール骨格を有する有機金属錯体、トリス [3-メチル-1-(2-メチルフェニル)-5-フェニル-1H-1,2,4-トリアゾラト] イリジウム (III) (略称:[Ir(Mp tz 1-mp)₃])、トリス (1-メチル-5-フェニル-3-プロピル-1H-1,2,4-トリアゾラト) イリジウム (III) (略称:[Ir(Pr p tz 1-Me)₃]) のような1H-トリアゾール骨格を有する有機金属錯体、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-1H-イミダゾール] イリジウム (III) (略称:[Ir(iPr p mi)₃])、トリス [3-(2,6-ジメチルフェニル)-7-メチルイミダゾ [1,2-f] フェナントリジナト] イリジウム (III) (略称:[Ir(dmp imp t-Me)₃]) のようなイミダゾール骨格を有する有機金属錯体、ビス [2-(4',6'-ジフルオロフェニル)ピリジナト-N, $C^{2'}$] イリジウム (III) テトラキス (1-ピラゾリル) ボラート (略称:F Ir 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 (III) ピコリナート (略称:F Ir 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 (III) ピコリナート (略称:[Ir(CF₃ 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 (III) アセチルアセトナート (略称:F Ir (a c a c)) のように電子吸引基を有するフェニルピリジン誘導体を配位子とする有機金属錯体等が挙げられる。

[0114]

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

[0115]

例えば、トリス (4-メチル-6-フェニルピリミジナト) イリジウム (III) (略称:[Ir(mpp m)₃])、トリス (4-*t*-ブチル-6-フェニルピリミジナト) イリジウム (III) (略称:[Ir(tBu 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 (III) (略称:[Ir(mpp m)₂(a c a c)])、(アセチルアセトナト) ビス (6-*t*-*tert*-ブチル-4-フェニルピリミジナト) イリジウム (III) (略称:[Ir(tBu 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 (III) (略称:[Ir(nb 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 (III) (略称:[Ir(mpp m p p m)₂(a c a c)])、(アセチルアセトナト) ビス {4,6-ジメチル-2-[6-(2,6-ジメチルフェニル)-4-ピリミジニル- κ N3]フェニル- κ C}

イリジウム (I I I) (略称: $[\text{Ir}(\text{dmp p m-dmp})_2(\text{acac})]$)、(アセチルアセトナト)ビス (4, 6-ジフェニルピリミジナト) イリジウム (I I I) (略称: $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$) のようなピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体、(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: $[\text{Ir}(\text{mppr-Me})_2(\text{acac})]$)、(アセチルアセトナト)ビス (5-イソプロピル-3-メチル-2-フェニルピラジナト) イリジウム (I I I) (略称: $[\text{Ir}(\text{mppr-iPr})_2(\text{acac})]$) のようなピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体、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: $[\text{Ir}(\text{ppy})_3]$)、ビス (2-フェニルピリジナト-N, C^{2'}) イリジウム (I I I) アセチルアセトナト (略称: $[\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{acac})]$)、ビス (ベンゾ [h] キノリナト) イリジウム (I I I) アセチルアセトナト (略称: $[\text{Ir}(\text{bzq})_2(\text{acac})]$)、トリス (ベンゾ [h] キノリナト) イリジウム (I I I) (略称: $[\text{Ir}(\text{bzq})_3]$)、トリス (2-フェニルキノリナト-N, C^{2'}) イリジウム (I I I) (略称: $[\text{Ir}(\text{pq})_3]$)、ビス (2-フェニルキノリナト-N, C^{2'}) イリジウム (I I I) アセチルアセトナト (略称: $[\text{Ir}(\text{pq})_2(\text{acac})]$)、ビス [2-(2-ピリジニル- κ N) フェニル- κ C] [2-(4-フェニル-2-ピリジニル- κ N) フェニル- κ C] イリジウム (I I I) (略称: $[\text{Ir}(\text{ppy})_2(4\text{dppy})]$)、ビス [2-(2-ピリジニル- κ N) フェニル- κ C] [2-(4-メチル-5-フェニル-2-ピリジニル- κ N) フェニル- κ C] 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、ビス (2, 4-ジフェニル-1, 3-オキサゾラト-N, C^{2'}) イリジウム (I I I) アセチルアセトナト (略称: $[\text{Ir}(\text{dpo})_2(\text{acac})]$)、ビス {2-[4'-(パーフルオロフェニル) フェニル] ピリジナト-N, C^{2'}} イリジウム (I I I) アセチルアセトナト (略称: $[\text{Ir}(\text{p-PF-ph})_2(\text{acac})]$)、ビス (2-フェニルベンゾチアゾラト-N, C^{2'}) イリジウム (I I I) アセチルアセトナト (略称: $[\text{Ir}(\text{bt})_2(\text{acac})]$) などの有機金属錯体の他、トリス (アセチルアセトナト) (モノフェナントロリン) テルビウム (I I I) (略称: $[\text{Tb}(\text{acac})_3(\text{Phen})]$) のような希土類金属錯体が挙げられる。

[0116]

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

[0117]

例えば、(ジイソブチルメタナト)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: $[\text{Ir}(\text{5mdppm})_2(\text{dibm})]$)、ビス [4, 6-ビス (3-メチルフェニル) ピリミジナト] (ジピバロイルメタナト) イリジウム (I I I) (略称: $[\text{Ir}(\text{5mdppm})_2(\text{dpm})]$)、ビス [4, 6-ジ (ナフタレン-1-イル) ピリミジナト] (ジピバロイルメタナト) イリジウム (I I I) (略称: $[\text{Ir}(\text{d1nppm})_2(\text{dpm})]$) のようなピリミジン骨格を有する有機金属錯体、(アセチルアセトナト)ビス (2, 3, 5-トリフェニルピラジナト) イリジウム (I I I) (略称: $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{acac})]$)、ビス (2, 3, 5-トリフェニルピラジナト) (ジピバロイルメタナト) イリジウム (I I I) (略称: $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$)、ビス {4, 6-ジメチル-2-[3-(3, 5-ジメチルフェニル)-5-フェニル-2-ピラジニル- κ N] フェニル- κ C} (2, 6-ジメチル-3, 5-ヘプタンジオナト- $\kappa^2\text{O}$, O') イリジウム (I I I) (略称: $[\text{Ir}(\text{dm dppr-P})_2(\text{dibm})]$)、ビス {4, 6-ジメチル-2-[5-(4-シアノ-2, 6-ジメチルフェニル)-3-(3, 5-ジメチルフェニル)-

2-ピラジニル- κ N] フェニル- κ C} (2, 2, 6, 6-テトラメチル-3, 5-ヘプタンジオナト- κ^2 O, O') イリジウム (I I I) (略称: [Ir (dm d p p r - d m C P)₂ (d p m)]), (アセチルアセトナト) ビス [2-メチル-3-フェニルキノキサリナト-N, C^{2'}] イリジウム (I I I) (略称: [Ir (m p q)₂ (a c a c)]), (アセチルアセトナト) ビス (2, 3-ジフェニルキノキサリナト-N, C^{2'}) イリジウム (I I I) (略称: [Ir (d p q)₂ (a c a c)]), (アセチルアセトナト) ビス [2, 3-ビス (4-フルオロフェニル) キノキサリナト] イリジウム (I I I) (略称: [Ir (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錯体や、トリス (1-フェニルイソキノリナト-N, C^{2'}) イリジウム (I I I) (略称: [Ir (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) アセチルアセトナト (略称: [Ir (p i q)₂ (a c a c)]), ビス [4, 6-ジメチル-2- (2-キノリニル- κ N) フェニル- κ C] (2, 4-ペンタンジオナト- κ^2 O, O') イリジウム (I I I) のようなピリジン骨格を有する有機金属錯体、2, 3, 7, 8, 12, 13, 17, 18-オクタエチル-2 1H, 2 3 H-ポルフィリン白金 (I I) (略称: [Pt 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: [Eu (DBM)₃ (Phen)]), トリス [1- (2-テノイル) -3, 3, 3-トリフルオロアセトナト] (モノフェナントロリン) ユーロピウム (I I I) (略称: [Eu (T T A)₃ (Phen)]) のような希土類金属錯体が挙げられる。

[0118]

発光層 (113、113a、113b、113c) に用いる有機化合物 (ホスト材料、アシスト材料) としては、発光物質 (ゲスト材料) のエネルギーギャップより大きなエネルギーギャップを有する物質を、一種もしくは複数種選択して用いればよい。発光層 (113、113a、113b、113c) に複数の有機化合物を用いる場合、励起錯体を形成する化合物を燐光発光物質と混合して用いることが好ましい。なお、このような構成とすることにより、励起錯体から発光物質へのエネルギー移動である ExTET (Exciplex-Triplet Energy Transfer) を用いた発光を得ることができる。この場合、様々な有機化合物を適宜組み合わせる用いることができるが、効率よく励起錯体を形成するためには、正孔を受け取りやすい化合物 (正孔輸送性材料) と、電子を受け取りやすい化合物 (電子輸送性材料) とを組み合わせることが特に好ましい。

[0119]

発光物質が蛍光材料である場合、ホスト材料としては一重項励起状態のエネルギー準位が大きく、三重項励起状態のエネルギー準位が小さい有機化合物を用いるのが好ましい。例えば、アントラセン誘導体やテトラセン誘導体を用いるのが好ましい。具体的には、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)、5, 12-ジフェニルテトラセン、5, 12-ビス (ビフェニル-2-イル) テトラセンなどが挙げられる。

[0120]

発光物質が燐光材料である場合、ホスト材料としては、発光物質の三重項励起エネルギー（基底状態と三重項励起状態とのエネルギー差）よりも三重項励起エネルギーの大きい有機化合物を選択すれば良い。なお、この場合には、亜鉛やアルミニウム系金属錯体の他、オキサジアゾール誘導体、トリアゾール誘導体、ベンゾイミダゾール誘導体、キノキサリン誘導体、ジベンゾキノキサリン誘導体、ジベンゾチオフェン誘導体、ジベンゾフラン誘導体、ピリミジン誘導体、トリアジン誘導体、ピリジン誘導体、ビピリジン誘導体、フェナントロリン誘導体等の他、芳香族アミンやカルバゾール誘導体等を用いることができる。

[0121]

ホスト材料として、より具体的には、例えば以下の正孔輸送性材料および電子輸送性材料を用いることができる。

[0122]

これら正孔輸送性の高いホスト材料としては、例えば、N, N'-ジ(p-トリル)-N, N'-ジフェニル-p-フェニレンジアミン（略称：DTDP A）、4, 4'-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル（略称：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）等の芳香族アミン化合物を挙げることができる。

[0123]

また、3-[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：PCzDPA1）、3, 6-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：PCzDPA2）、3, 6-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-(1-ナフチル)アミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：PCzTPN2）、3-[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：PCzPCA1）、3, 6-ビス[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：PCzPCA2）、3-[N-(1-ナフチル)-N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)アミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：PCzPCN1）等のカルバゾール誘導体を挙げることができる。また、カルバゾール誘導体としては、他に、4, 4'-ジ(N-カルバゾリル)ビフェニル（略称：CBP）、1, 3, 5-トリス[4-(N-カルバゾリル)フェニル]ベンゼン（略称：TCPB）、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もできる。

[0124]

また、正孔輸送性の高いホスト材料としては、例えば、4, 4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル（略称：NPBまたは α -NPD）やN, N'-ビス(3-メチルフェニル)-N, N'-ジフェニル-[1, 1'-ビフェニル]-4, 4'-ジアミン（略称：TPD）、4, 4', 4''-トリス(カルバゾール-9-イル)トリフェニルアミン（略称：TCTA）、4, 4', 4''-トリス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]トリフェニルアミン（略称：1'-TNATA）、4, 4', 4''-トリス(N, N'-ジフェニルアミノ)トリフェニルアミン（略称：

TDATA)、4, 4', 4''-トリス [N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ] トリフェニルアミン (略称: m-MTDATA)、4, 4'-ビス [N-(スピロ-9, 9'-ビフルオレン-2-イル)-N-フェニルアミノ] ビフェニル (略称: BSPB)、4-フェニル-4'-(9-フェニルフルオレン-9-イル) トリフェニルアミン (略称: BPALP)、4-フェニル-3'-(9-フェニルフルオレン-9-イル) トリフェニルアミン (略称: mBPALP)、N-(9, 9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-N-{9, 9-ジメチル-2-[N'-フェニル-N'-(9, 9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル) アミノ]-9H-フルオレン-7-イル}フェニルアミン (略称: DFLADFL)、N-(9, 9-ジメチル-2-ジフェニルアミノ-9H-フルオレン-7-イル) ジフェニルアミン (略称: DPNF)、2-[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ] スピロ-9, 9'-ビフルオレン (略称: DPASF)、4-フェニル-4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル) トリフェニルアミン (略称: PCBA1BP)、4, 4'-ジフェニル-4''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル) トリフェニルアミン (略称: PCBBi1BP)、4-(1-ナフチル)-4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル) トリフェニルアミン (略称: PCBANB)、4, 4'-ジ(1-ナフチル)-4''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル) トリフェニルアミン (略称: PCBNBB)、4-フェニルジフェニル-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル) アミン (略称: PCA1BP)、N, N'-ビス(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N, N'-ジフェニルベンゼン-1, 3-ジアミン (略称: PCA2B)、N, N', N''-トリフェニル-N, N', N''-トリス(9-フェニルカルバゾール-3-イル) ベンゼン-1, 3, 5-トリアミン (略称: PCA3B)、N-(4-ビフェニル)-N-(9, 9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-9-フェニル-9H-カルバゾール-3-アミン (略称: PCBiF)、N-(1, 1'-ビフェニル-4-イル)-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル) フェニル]-9, 9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン (略称: PCBBiF)、9, 9-ジメチル-N-フェニル-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル) フェニル]フルオレン-2-アミン (略称: PCBAF)、N-フェニル-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル) フェニル]スピロ-9, 9'-ビフルオレン-2-アミン (略称: PCBASF)、2-[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ] スピロ-9, 9'-ビフルオレン (略称: PCASF)、2, 7-ビス [N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ] -スピロ-9, 9'-ビフルオレン (略称: DPA2SF)、N-[4-(9H-カルバゾール-9-イル) フェニル]-N-(4-フェニル) フェニルアニリン (略称: YGA1BP)、N, N'-ビス [4-(カルバゾール-9-イル) フェニル]-N, N'-ジフェニル-9, 9-ジメチルフルオレン-2, 7-ジアミン (略称: YGA2F) などの芳香族アミン化合物等を用いることができる。また、3-[4-(1-ナフチル)-フェニル]-9-フェニル-9H-カルバゾール (略称: PCPN)、3-[4-(9-フェナントリル)-フェニル]-9-フェニル-9H-カルバゾール (略称: PCPPn)、3, 3'-ビス(9-フェニル-9H-カルバゾール) (略称: PCCP)、1, 3-ビス(N-カルバゾリル) ベンゼン (略称: mCP)、3, 6-ビス(3, 5-ジフェニルフェニル)-9-フェニルカルバゾール (略称: CzTP)、4-{3-[3-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル) フェニル] フェニル}ジベンゾフラン (略称: mmDBFFLBi-II)、4, 4', 4''-(ベンゼン-1, 3, 5-トリイル) トリ(ジベンゾフラン) (略称: DBF3P-II)、1, 3, 5-トリ(ジベンゾチオフエン-4-イル)-ベンゼン (略称: DB

T 3 P-I I)、2, 8-ジフェニル-4-[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]ジベンゾチオフェン(略称:DBTFLP-I I I)、4-[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]-6-フェニルジベンゾチオフェン(略称:DBTFLP-I V)、4-[3-(トリフェニレン-2-イル)フェニル]ジベンゾチオフェン(略称:mDBTP T p-I I)等のカルバゾール化合物、チオフェン化合物、フラン化合物、フルオレン化合物、トリフェニレン化合物、フェナントレン化合物等を用いることができる。

[0125]

電子輸送性の高いホスト材料としては、例えば、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム(I I I)(略称:Al q)、トリス(4-メチル-8-キノリノラト)アルミニウム(I I I)(略称:Al m q₃)、ビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]キノリナト)ベリリウム(I I)(略称:Be B q₂)、ビス(2-メチル-8-キノリノラト)(4-フェニルフェノラト)アルミニウム(I I I)(略称:BA l q)、ビス(8-キノリノラト)亜鉛(I I)(略称:Z n q)など、キノリン骨格またはベンゾキノリン骨格を有する金属錯体等である。また、この他ビス[2-(2-ベンゾオキサゾリル)フェノラト]亜鉛(I I)(略称:Z n P B O)、ビス[2-(2-ベンゾチアゾリル)フェノラト]亜鉛(I I)(略称:Z n B T Z)などのオキサゾール系、チアゾール系配位子を有する金属錯体なども用いることができる。さらに、金属錯体以外にも、2-(4-ビフェニル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1, 3, 4-オキサジアゾール(略称:PBD)や、1, 3-ビス[5-(p-tert-ブチルフェニル)-1, 3, 4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン(略称:OXD-7)、9-[4-(5-フェニル-1, 3, 4-オキサジアゾール-2-イル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称:CO 1 1)のようなオキサジアゾール誘導体や、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:T A Z)のようなトリアゾール誘導体や、2, 2', 2''-(1, 3, 5-ベンゼントリイル)トリス(1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール)(略称:TPBI)、2-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール(略称:mDBTBIm-I I)のようなイミダゾール骨格を有する化合物(特にベンゾイミダゾール誘導体)や、4, 4'-ビス(5-メチルベンゾオキサゾール-2-イル)スチルベン(略称:B z O s)などのオキサゾール骨格を有する化合物(特にベンゾオキサゾール誘導体)や、バソフェナントロリン(略称:B p h e n)、バソキュプロイン(略称:BCP)、2, 9-ビス(ナフタレン-2-イル)-4, 7-ジフェニル-1, 10-フェナントロリン(略称:NB p h e n)などのフェナントロリン誘導体や、2-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]ジベンゾ[f, h]キノキサリン(略称:2mDBTPDBq-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 B q-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)、2-[4-(3, 6-ジフェニル-9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]ジベンゾ[f, h]キノキサリン(略称:2CzPD B q-I I I)、7-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]ジベンゾ[f, h]キノキサリン(略称:7mDBTPDBq-I I)、及び6-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]ジベンゾ[f, h]キノキサリン(略称:6mDBTPDBq-I I)、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, 6mP n P 2 P m)、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, 6mDBTP 2 P m-I I)、4, 6-ビス[3-(9H-カルバゾール-9

－イル) フェニル] ピリミジン (略称: 4, 6 m C z P 2 P m) などのジアジン骨格を有する複素環化合物や、2－{ 4－[3－(N－フェニル－9 H－カルバゾール－3－イル) －9 H－カルバゾール－9－イル] フェニル} －4, 6－ジフェニル－1, 3, 5－トリアジン (略称: P C C z P T z n) などのトリアジン骨格を有する複素環化合物や、3, 5－ビス [3－(9 H－カルバゾール－9－イル) フェニル] ピリジン (略称: 3 5 D C z P P y)、1, 3, 5－トリ [3－(3－ピリジル) フェニル] ベンゼン (略称: T m P y P B) などのピリジン骨格を有する複素環化合物も用いることができる。また、ポリ (2, 5－ピリジンジイル) (略称: P P y)、ポリ [(9, 9－ジヘキシルフルオレン－2, 7－ジイル) －c o－(ピリジン－3, 5－ジイル)] (略称: P F－P y)、ポリ [(9, 9－ジオクタイルフルオレン－2, 7－ジイル) －c o－(2, 2'－ビピリジン－6, 6'－ジイル)] (略称: P F－B P y) のような高分子化合物を用いることもできる。

[0126]

また、ホスト材料として、アントラセン誘導体、フェナントレン誘導体、ピレン誘導体、クリセン誘導体、ジベンゾ [g, p] クリセン誘導体等の縮合多環芳香族化合物が挙げられ、具体的には、9, 10－ジフェニルアントラセン (略称: D P A n t h)、N, N－ジフェニル－9－[4－(10－フェニル－9－アントリル) フェニル] －9 H－カルバゾール－3－アミン (略称: C z A 1 P A)、4－(10－フェニル－9－アントリル) トリフェニルアミン (略称: D P h P A)、Y G A P A、P C A P A、N, 9－ジフェニル－N－{ 4－[4－(10－フェニル－9－アントリル) フェニル] フェニル} －9 H－カルバゾール－3－アミン (略称: P C A P B A)、2 P C A P A、6, 12－ジメトキシ－5, 11－ジフェニルクリセン、D B C 1、9－[4－(10－フェニル－9－アントラセニル) フェニル] －9 H－カルバゾール (略称: C z P A)、3, 6－ジフェニル－9－[4－(10－フェニル－9－アントリル) フェニル] －9 H－カルバゾール (略称: D P C z P A)、9, 10－ビス (3, 5－ジフェニルフェニル) アントラセン (略称: D P P A)、9, 10－ジ (2－ナフチル) アントラセン (略称: D N A)、2－t e r t－ブチル－9, 10－ジ (2－ナフチル) アントラセン (略称: t－B u D N A)、9, 9'－ビアントリル (略称: B A N T)、9, 9'－(スチルベン－3, 3'－ジイル) ジフェナントレン (略称: D P N S)、9, 9'－(スチルベン－4, 4'－ジイル) ジフェナントレン (略称: D P N S 2)、1, 3, 5－トリ (1－ピレニル) ベンゼン (略称: T P B 3) などを用いることができる。

[0127]

また、発光層 (113、113 a、113 b、113 c) に有機化合物を複数用いる場合、励起錯体を形成する2種類の化合物 (第1の化合物および第2の化合物) と、有機金属錯体とを混合して用いてもよい。この場合、様々な有機化合物を適宜組み合わせる用いることができるが、効率よく励起錯体を形成するためには、正孔を受け取りやすい化合物 (正孔輸送性材料) と、電子を受け取りやすい化合物 (電子輸送性材料) とを組み合わせることが特に好ましい。なお、正孔輸送性材料および電子輸送性材料の具体例については、本実施の形態で示す材料を用いることができる。この構成により、高効率、低電圧、長寿命を同時に実現できる。

[0128]

T A D F 材料とは、三重項励起状態をわずかな熱エネルギーによって一重項励起状態にアップコンバート (逆項間交差) が可能で、一重項励起状態からの発光 (蛍光) を効率よく呈する材料のことである。また、熱活性化遅延蛍光が効率良く得られる条件としては、三重項励起準位と一重項励起準位のエネルギー差が0 e V以上0. 2 e V以下、好ましくは0 e V以上0. 1 e V以下であることが挙げ

られる。また、TADF材料における遅延蛍光とは、通常の蛍光と同様のスペクトルを持ちながら、寿命が著しく長い発光をいう。その寿命は、 10^{-6} 秒以上、好ましくは 10^{-3} 秒以上である。

[0129]

TADF材料としては、例えば、フラーレンやその誘導体、プロフラビン等のアクリジン誘導体、エオシン等が挙げられる。また、マグネシウム (Mg)、亜鉛 (Zn)、カドミウム (Cd)、スズ (Sn)、白金 (Pt)、インジウム (In)、もしくはパラジウム (Pd) 等を含む金属含有ポルフィリンが挙げられる。金属含有ポルフィリンとしては、例えば、プロトポルフィリンフッ化スズ錯体 (略称: SnF_2 (Proto IX))、メソポルフィリンフッ化スズ錯体 (略称: SnF_2 (Meso IX))、ヘマトポルフィリンフッ化スズ錯体 (略称: SnF_2 (Hemato IX))、コプロポルフィリンテトラメチルエステルフッ化スズ錯体 (略称: SnF_2 (Copro III-4 Me))、オクタエチルポルフィリンフッ化スズ錯体 (略称: SnF_2 (OEP))、エチオポルフィリンフッ化スズ錯体 (略称: SnF_2 (Etio I))、オクタエチルポルフィリン塩化白金錯体 (略称: PtCl_2OEP) 等が挙げられる。

[0130]

その他にも、2-(ビフェニル-4-イル)-4,6-ビス(12-フェニルインドロ[2,3-a]カルバゾール-11-イル)-1,3,5-トリアジン (略称: PIC-TRZ)、2-{4-[3-(N-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)-9H-カルバゾール-9-イル]フェニル}-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン (略称: PCCzPTzn)、2-[4-(10H-フェノキサジン-10-イル)フェニル]-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン (略称: PXZ-TRZ)、3-[4-(5-フェニル-5,10-ジヒドロフェナジン-10-イル)フェニル]-4,5-ジフェニル-1,2,4-トリアゾール (略称: PPZ-3TPT)、3-(9,9-ジメチル-9H-アクリジン-10-イル)-9H-キサンテン-9-オン (略称: ACRTN)、ビス[4-(9,9-ジメチル-9,10-ジヒドロアクリジン)フェニル]スルホン (略称: DMAC-DPS)、10-フェニル-10H,10'-H-スピロ[アクリジン-9,9'-アントラセン]-10'-オン (略称: ACRSA)、等の π 電子過剰型複素芳香環及び π 電子不足型複素芳香環を有する複素環化合物を用いることができる。なお、 π 電子過剰型複素芳香環と π 電子不足型複素芳香環とが直接結合した物質は、 π 電子過剰型複素芳香環のドナー性と π 電子不足型複素芳香環のアクセプター性が共に強くなり、一重項励起状態と三重項励起状態のエネルギー差が小さくなるため、特に好ましい。

[0131]

なお、TADF材料を用いる場合、他の有機化合物と組み合わせて用いることもできる。

[0132]

図1(D)に示す発光素子においては、EL層103aの発光層113a上に電子輸送層114aが真空蒸着法により形成される。また、EL層103aおよび電荷発生層104が形成された後、EL層103bの発光層113b上に電子輸送層114bが真空蒸着法により形成される。

[0133]

<電子輸送層>

電子輸送層(114、114a、114b)は、電子注入層(115、115a、115b)によって、第2の電極102や電荷発生層(104)から注入された電子を発光層(113、113a、113b)に輸送する層である。なお、電子輸送層(114、114a、114b)は、電子輸送性材

料を含む層である。電子輸送層（114、114a、114b）に用いる電子輸送性材料は、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上の電子移動度を有する物質が好ましい。なお、正孔よりも電子の輸送性の高い物質であれば、これら以外のものを用いることができる。

[0134]

電子輸送性材料としては、キノリン配位子、ベンゾキノリン配位子、オキサゾール配位子、あるいはチアゾール配位子を有する金属錯体、オキサジアゾール誘導体、トリアゾール誘導体、フェナントロリン誘導体、ピリジン誘導体、ビピリジン誘導体などが挙げられる。その他、含窒素複素芳香族化合物のような π 電子不足型複素芳香族化合物を用いることもできる。

[0135]

具体的には、 Alq_3 、トリス（4-メチル-8-キノリノラト）アルミニウム（略称： Almq_3 ）、ビス（10-ヒドロキシベンゾ[h]キノリナト）ベリリウム（略称： BeBq_2 ）、 BAIq 、ビス[2-（2-ヒドロキシフェニル）ベンゾオキサゾラト]亜鉛（II）（略称： $\text{Zn}(\text{BOX})_2$ ）、ビス[2-（2-ヒドロキシフェニル）ベンゾチアゾラト]亜鉛（略称： $\text{Zn}(\text{BTZ})_2$ ）などの金属錯体、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）、OXD-7、3-（4'-tert-ブチルフェニル）-4-フェニル-5-（4''-ビフェニル）-1,2,4-トリアゾール（略称：TAZ）、3-（4-tert-ブチルフェニル）-4-（4-エチルフェニル）-5-（4-ビフェニル）-1,2,4-トリアゾール（略称：p-EtTAZ）、バソフェナントロリン（略称：Bphen）、バソキュプロイン（略称：BCP）、4,4'-ビス（5-メチルベンゾオキサゾール-2-イル）スチルベン（略称：BzOs）などの複素芳香族化合物、2-[3-（ジベンゾチオフェン-4-イル）フェニル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン（略称：2mDBTPDBq-II）、2-[3'-（ジベンゾチオフェン-4-イル）ビフェニル-3-イル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン（略称：2mDBTBPDq-II）、2-[4-（3,6-ジフェニル-9H-カルバゾール-9-イル）フェニル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン（略称：2CzPDBq-II）、7-[3-（ジベンゾチオフェン-4-イル）フェニル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン（略称：7mDBTPDBq-II）、6-[3-（ジベンゾチオフェン-4-イル）フェニル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン（略称：6mDBTPDBq-II）等のキノキサリンないしはジベンゾキノキサリン誘導体を用いることができる。

[0136]

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

[0137]

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

[0138]

図1(D)に示す発光素子においては、EL層103aの電子輸送層114a上に電子注入層115aが真空蒸着法により形成される。その後、EL層103aおよび電荷発生層104が形成され、EL層103bの電子輸送層114bまで形成された後、上に電子注入層115bが真空蒸着法により

形成される。

[0139]

<電子注入層>

電子注入層(115、115a、115b)は、電子注入性の高い物質を含む層である。電子注入層(115、115a、115b)には、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)、リチウム酸化物(LiO_x)等のようなアルカリ金属、アルカリ土類金属、またはそれらの化合物を用いることができる。また、フッ化エルビウム(ErF₃)のような希土類金属化合物を用いることができる。また、電子注入層(115、115a、115b)にエレクトライドを用いてもよい。エレクトライドとしては、例えば、カルシウムとアルミニウムの混合酸化物に電子を高濃度添加した物質等が挙げられる。なお、上述した電子輸送層(114、114a、114b)を構成する物質を用いることもできる。

[0140]

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

[0141]

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

[0142]

<電荷発生層>

電荷発生層104は、第1の電極(陽極)101と第2の電極(陰極)102との間に電圧を印加したときに、EL層103aに電子を注入し、EL層103bに正孔を注入する機能を有する。なお、電荷発生層104は、正孔輸送性材料に電子受容体(アクセプター)が添加された構成であっても、電子輸送性材料に電子供与体(ドナー)が添加された構成であってもよい。また、これらの両方の構成が積層されていても良い。なお、上述した材料を用いて電荷発生層104を形成することにより、EL層が積層された場合における駆動電圧の上昇を抑制することができる。

[0143]

電荷発生層104において、正孔輸送性材料に電子受容体が添加された構成とする場合、正孔輸送性材料としては、本実施の形態で示した材料を用いることができる。また、電子受容体としては、7, 7, 8, 8-テトラシアノー-2, 3, 5, 6-テトラフルオロキノジメタン(略称: F₄-TCNQ)、

クロラニル等を挙げることができる。また元素周期表における第4族乃至第8族に属する金属の酸化物を挙げることができる。具体的には、酸化バナジウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化クロム、酸化モリブデン、酸化タングステン、酸化マンガン、酸化レニウムなどが挙げられる。

[0144]

電荷発生層104において、電子輸送性材料に電子供与体が添加された構成とする場合、電子輸送性材料としては、本実施の形態で示した材料を用いることができる。また、電子供与体としては、アルカリ金属またはアルカリ土類金属または希土類金属または元素周期表における第2、第13族に属する金属およびその酸化物、炭酸塩を用いることができる。具体的には、リチウム(Li)、セシウム(Cs)、マグネシウム(Mg)、カルシウム(Ca)、イッテルビウム(Yb)、インジウム(In)、酸化リチウム、炭酸セシウムなどを用いることが好ましい。また、テトラシアナフタセンのような有機化合物を電子供与体として用いてもよい。

[0145]

なお、図1(E)のEL層103cは、上述したEL層(103、103a、103b)と同様の構成とすればよい。また、電荷発生層104a、104bについても、上述した電荷発生層104と同様の構成とすればよい。

[0146]

<基板>

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

[0147]

なお、ガラス基板の一例としては、バリウムホウケイ酸ガラス、アルミノホウケイ酸ガラス、又はソーダライムガラスなどが挙げられる。また、可撓性基板、貼り合わせフィルム、基材フィルムなどの一例としては、ポリエチレンテレフタレート(PET)、ポリエチレンナフタレート(PEN)、ポリエーテルサルフォン(PES)に代表されるプラスチック、アクリル等の合成樹脂、ポリプロピレン、ポリエステル、ポリフッ化ビニル、又はポリ塩化ビニル、ポリアミド、ポリイミド、アラミド、エポキシ、無機蒸着フィルム、又は紙類などが挙げられる。

[0148]

なお、本実施の形態で示す発光素子の作製には、蒸着法などの真空プロセスや、スピコート法やインクジェット法などの溶液プロセスを用いることができる。蒸着法を用いる場合には、スパッタ法、イオンプレーティング法、イオンビーム蒸着法、分子線蒸着法、真空蒸着法などの物理蒸着法(PVD法)や、化学蒸着法(CVD法)等を用いることができる。特に発光素子のEL層に含まれる機能層(正孔注入層(111、111a、111b)、正孔輸送層(112、112a、112b)、発光層(113、113a、113b、113c)、電子輸送層(114、114a、114b)、電子注入層(115、115a、115b))、および電荷発生層(104、104a、104b)については、蒸着法(真空蒸着法等)、塗布法(ディップコート法、ダイコート法、バーコート法、スピコート法、スプレーコート法等)、印刷法(インクジェット法、スクリーン(孔版印刷)法、オフセッ

ト（平版印刷）法、フレキソ（凸版印刷）法、グラビア法、マイクロコンタクト法等）などの方法により形成することができる。

[0149]

なお、本実施の形態で示す発光素子のEL層（103、103a、103b）を構成する各機能層（正孔注入層（111、111a、111b）、正孔輸送層（112、112a、112b）、発光層（113、113a、113b、113c）、電子輸送層（114、114a、114b）、電子注入層（115、115a、115b））や電荷発生層（104、104a、104b）は、上述した材料に限られることはなく、それ以外の材料であっても各層の機能を満たせるものであれば組み合わせて用いることができる。一例としては、高分子化合物（オリゴマー、デンドリマー、ポリマー等）、中分子化合物（低分子と高分子の中間領域の化合物：分子量400～4000）、無機化合物（量子ドット材料等）等を用いることができる。なお、量子ドット材料としては、コロイド状量子ドット材料、合金型量子ドット材料、コア・シェル型量子ドット材料、コア型量子ドット材料などを用いることができる。

[0150]

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

[0151]

（実施の形態3）

本実施の形態では、本発明の一態様である発光装置について説明する。なお、図2（A）に示す発光装置は、第1の基板201上のトランジスタ（FET）202と発光素子（203R、203G、203B、203W）が電氣的に接続されてなるアクティブマトリクス型の発光装置であり、複数の発光素子（203R、203G、203B、203W）は、共通のEL層204を有し、また、各発光素子の発光色に応じて、各発光素子の電極間の光学距離が調整されたマイクロキャビティ構造を有する。また、EL層204から得られた発光が第2の基板205に形成されたカラーフィルタ（206R、206G、206B）を介して射出されるトップエミッション型の発光装置である。

[0152]

図2（A）に示す発光装置は、第1の電極207を反射電極として機能するように形成する。また、第2の電極208を半透過・半反射電極として機能するように形成する。なお、第1の電極207および第2の電極208を形成する電極材料としては、他の実施形態の記載を参照し、適宜用いればよい。

[0153]

また、図2（A）において、例えば、発光素子203Rを赤色発光素子、発光素子203Gを緑色発光素子、発光素子203Bを青色発光素子、発光素子203Wを白色発光素子とする場合、図2（B）に示すように発光素子203Rは、第1の電極207と第2の電極208との間が光学距離200Rとなるように調整し、発光素子203Gは、第1の電極207と第2の電極208との間が光学距離200Gとなるように調整し、発光素子203Bは、第1の電極207と第2の電極208との間が光学距離200Bとなるように調整する。なお、図2（B）に示すように、発光素子203Rにおいて導電層210Rを第1の電極207に積層し、発光素子203Gにおいて導電層210Gを第1の電極207上に積層することにより、光学調整を行うことができる。

[0154]

第2の基板205には、カラーフィルタ(206R、206G、206B)が形成されている。なお、カラーフィルタは、可視光のうち特定の波長域を通過させ、特定の波長域を阻止するフィルタである。従って、図2(A)に示すように、発光素子203Rと重なる位置に赤の波長域のみを通過させるカラーフィルタ206Rを設けることにより、発光素子203Rから赤色発光を得ることができる。また、発光素子203Gと重なる位置に緑の波長域のみを通過させるカラーフィルタ206Gを設けることにより、発光素子203Gから緑色発光を得ることができる。また、発光素子203Bと重なる位置に青の波長域のみを通過させるカラーフィルタ206Bを設けることにより、発光素子203Bから青色発光を得ることができる。但し、発光素子203Wは、カラーフィルタを設けることなく白色発光を得ることができる。なお、1種のカラーフィルタの端部には、黒色層(ブラックマトリックス)209が設けられていてもよい。さらに、カラーフィルタ(206R、206G、206B)や黒色層209は、透明な材料を用いたオーバーコート層で覆われていても良い。

[0155]

図2(A)では、第2の基板205側に発光を取り出す構造(トップエミッション型)の発光装置を示したが、図2(C)に示すようにFET202が形成されている第1の基板201側に光を取り出す構造(ボトムエミッション型)の発光装置としても良い。なお、ボトムエミッション型の発光装置の場合には、第1の電極207を半透過・半反射電極として機能するように形成し、第2の電極208を反射電極として機能するように形成する。また、第1の基板201は、少なくとも透光性の基板を用いる。また、カラーフィルタ(206R'、206G'、206B')は、図2(C)に示すように発光素子(203R、203G、203B)よりも第1の基板201側に設ければよい。

[0156]

また、図2(A)において、発光素子が、赤色発光素子、緑色発光素子、青色発光素子、白色発光素子の場合について示したが、本発明の一態様である発光素子はその構成に限られることはなく、黄色の発光素子や橙色の発光素子を有する構成であっても良い。なお、これらの発光素子を作製するためにEL層(発光層、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、電子注入層、電荷発生層など)に用いる材料としては、他の実施形態の記載を参照し、適宜用いればよい。なお、その場合には、また、発光素子の発光色に応じてカラーフィルタを適宜選択する必要がある。

[0157]

以上のような構成とすることにより、複数の発光色を呈する発光素子を備えた発光装置を得ることができる。

[0158]

なお、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示す構成と適宜組み合わせて用いることができるものとする。

[0159]

(実施の形態4)

本実施の形態では、本発明の一態様である発光装置について説明する。

[0160]

本発明の一態様である発光素子の素子構成を適用することで、アクティブマトリクス型の発光装置やパッシブマトリクス型の発光装置を作製することができる。なお、アクティブマトリクス型の発光装置は、発光素子とトランジスタ(FET)とを組み合わせた構成を有する。従って、パッシブマトリクス型の発光装置、アクティブマトリクス型の発光装置は、いずれも本発明の一態様に含まれる。な

お、本実施の形態に示す発光装置には、他の実施形態で説明した発光素子を適用することが可能である。

[0161]

本実施の形態では、アクティブマトリクス型の発光装置について図3を用いて説明する。

[0162]

なお、図3(A)は発光装置を示す上面図であり、図3(B)は図3(A)を鎖線A-A'で切断した断面図である。アクティブマトリクス型の発光装置は、第1の基板301上に設けられた画素部302、駆動回路部(ソース線駆動回路)303と、駆動回路部(ゲート線駆動回路)(304a、304b)を有する。画素部302および駆動回路部(303、304a、304b)は、シール材305によって、第1の基板301と第2の基板306との間に封止される。

[0163]

また、第1の基板301上には、引き回し配線307が設けられる。引き回し配線307は、外部入力端子であるFPC308と接続される。なお、FPC308は、駆動回路部(303、304a、304b)に外部からの信号(例えば、ビデオ信号、クロック信号、スタート信号、リセット信号等)や電位を伝達する。また、FPC308にはプリント配線基板(PWB)が取り付けられていても良い。なお、これらFPCやのPWBが取り付けられた状態は、発光装置に含まれる。

[0164]

次に、図3(B)に断面構造を示す。

[0165]

画素部302は、FET(スイッチング用FET)311、FET(電流制御用FET)312、およびFET312と電氣的に接続された第1の電極313を有する複数の画素により形成される。なお、各画素が有するFETの数は、特に限定されることはなく、必要に応じて適宜設けることができる。

[0166]

FET309、310、311、312は、特に限定されることはなく、例えば、スタガ型や逆スタガ型などのトランジスタを適用することができる。また、トップゲート型やボトムゲート型などのトランジスタ構造であってもよい。

[0167]

なお、これらのFET309、310、311、312に用いることのできる半導体の結晶性については特に限定されず、非晶質半導体、結晶性を有する半導体(微結晶半導体、多結晶半導体、単結晶半導体、又は一部に結晶領域を有する半導体)のいずれを用いてもよい。なお、結晶性を有する半導体を用いることで、トランジスタ特性の劣化を抑制できるため好ましい。

[0168]

また、これらの半導体としては、例えば、第14族の元素、化合物半導体、酸化物半導体、有機半導体などを用いることができる。代表的には、シリコンを含む半導体、ガリウムヒ素を含む半導体、インジウムを含む酸化物半導体などを適用することができる。

[0169]

駆動回路部303は、FET309とFET310とを有する。なお、FET309とFET310は、単極性(N型またはP型のいずれか一方のみ)のトランジスタを含む回路で形成されても良いし、N型のトランジスタとP型のトランジスタを含むCMOS回路で形成されても良い。また、外部に駆

動回路を有する構成としても良い。

[0170]

第1の電極313の端部は、絶縁物314により覆われている。なお、絶縁物314には、ネガ型の感光性樹脂や、ポジ型の感光性樹脂（アクリル樹脂）などの有機化合物や、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化シリコン等の無機化合物を用いることができる。絶縁物314の上端部または下端部には、曲率を有する曲面を有するのが好ましい。これにより、絶縁物314の上層に形成される膜の被覆性を良好なものとすることができる。

[0171]

第1の電極313上には、EL層315及び第2の電極316が積層形成される。EL層315は、発光層、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、電子注入層、電荷発生層等を有する。

[0172]

なお、本実施の形態で示す発光素子317の構成は、他の実施の形態で説明した構成や材料を適用することができる。なお、ここでは図示しないが、第2の電極316は外部入力端子であるFPC308に電氣的に接続されている。

[0173]

また、図3(B)に示す断面図では発光素子317を1つのみ図示しているが、画素部302において、複数の発光素子がマトリクス状に配置されているものとする。画素部302には、3種類（R、G、B）の発光が得られる発光素子をそれぞれ選択的に形成し、フルカラー表示可能な発光装置を形成することができる。また、3種類（R、G、B）の発光が得られる発光素子の他に、例えば、ホワイト（W）、イエロー（Y）、マゼンタ（M）、シアン（C）等の発光が得られる発光素子を形成してもよい。例えば、3種類（R、G、B）の発光が得られる発光素子に上述の数種類の発光が得られる発光素子を追加することにより、色純度の向上、消費電力の低減等の効果が得ることができる。また、カラーフィルタと組み合わせることによってフルカラー表示可能な発光装置としてもよい。なお、カラーフィルタの種類としては、赤（R）、緑（G）、青（B）、シアン（C）、マゼンタ（M）、イエロー（Y）等を用いることができる。

[0174]

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

[0175]

シール材305には、エポキシ系樹脂やガラスフリットを用いることができる。なお、シール材305には、できるだけ水分や酸素を透過しない材料を用いることが好ましい。また、第2の基板306は、第1の基板301に用いることができるものを同様に用いることができる。従って、他の実施形態で説明した様々な基板を適宜用いることができるものとする。基板としてガラス基板や石英基板の他、FRP（Fiber-Reinforced Plastics）、PVF（ポリビニルフロライド）、ポリエステルまたはアクリル等からなるプラスチック基板を用いることができる。シール材としてガラスフリットを用いる場合には、接着性の観点から第1の基板301及び第2の基板306はガラス基板であることが好ましい。

[0176]

以上のようにして、アクティブマトリクス型の発光装置を得ることができる。

[0177]

また、アクティブマトリクス型の発光装置を可撓性基板に形成する場合、可撓性基板上にFETと発光素子とを直接形成しても良いが、剥離層を有する別の基板にFETと発光素子を形成した後、熱、力、レーザ照射などを与えることによりFETと発光素子を剥離層で剥離し、さらに可撓性基板に転載して作製しても良い。なお、剥離層としては、例えば、タンゲステン膜と酸化シリコン膜との無機膜の積層や、ポリイミド等の有機樹脂膜等を用いることができる。また可撓性基板としては、トランジスタを形成することが可能な基板に加え、紙基板、セロファン基板、アラミドフィルム基板、ポリイミドフィルム基板、布基板（天然繊維（絹、綿、麻）、合成繊維（ナイロン、ポリウレタン、ポリエステル）若しくは再生繊維（アセテート、キュプラ、レーヨン、再生ポリエステル）などを含む）、皮革基板、又はゴム基板などが挙げられる。これらの基板を用いることにより、耐久性や耐熱性に優れ、軽量化および薄型化を図ることができる。

[0178]

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

[0179]

（実施の形態5）

本実施の形態では、本発明の一態様である発光装置、本発明の一態様である発光素子を有する表示装置を適用して完成させた様々な電子機器や自動車の一例について、説明する。

[0180]

図4（A）～図4（E）に示す電子機器は、筐体7000、表示部7001、スピーカ7003、LEDランプ7004、操作キー7005（電源スイッチ、又は操作スイッチを含む）、接続端子7006、センサ7007（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（マイク）7008、等を有することができる。

[0181]

図4（A）はモバイルコンピュータであり、上述したものの他に、スイッチ7009、赤外線ポート7010、等を有することができる。

[0182]

図4（B）は記録媒体を備えた携帯型の画像再生装置（たとえば、DVD再生装置）であり、上述したものの他に、第2表示部7002、記録媒体読込部7011、等を有することができる。

[0183]

図4（C）はゴーグル型ディスプレイであり、上述したものの他に、第2表示部7002、支持部7012、イヤホン7013、等を有することができる。

[0184]

図4（D）はテレビ受像機能付きデジタルカメラであり、上述したものの他に、アンテナ7014、シャッターボタン7015、受像部7016、等を有することができる。

[0185]

図４（Ｅ）は携帯電話機（スマートフォンを含む）であり、筐体７０００に、表示部７００１、マイククロフォン７０１９、スピーカ７００３、カメラ７０２０、外部接続部７０２１、操作ボタン７０２２、等を有することができる。

[０１８６]

図４（Ｆ）は、大型のテレビジョン装置（テレビ、又はテレビジョン受信機ともいう）であり、筐体７０００、表示部７００１、等を有することができる。また、ここでは、スタンド７０１８により筐体７０００を支持した構成を示している。また、テレビジョン装置の操作は、別体のリモコン操作機７１１１、等により行うことができる。なお、表示部７００１にタッチセンサを備えていてもよく、指等で表示部７００１に触れることで操作してもよい。リモコン操作機７１１１は、当該リモコン操作機７１１１から出力する情報を表示する表示部を有していてもよい。リモコン操作機７１１１が備える操作キーまたはタッチパネルにより、チャンネル及び音量の操作を行うことができ、表示部７００１に表示される画像を操作することができる。

[０１８７]

図４（Ａ）～図４（Ｆ）に示す電子機器は、様々な機能を有することができる。例えば、様々な情報（静止画、動画、テキスト画像など）を表示部に表示する機能、タッチパネル機能、カレンダー、日付又は時刻などを表示する機能、様々なソフトウェア（プログラム）によって処理を制御する機能、無線通信機能、無線通信機能を用いて様々なコンピュータネットワークに接続する機能、無線通信機能を用いて様々なデータの送信又は受信を行う機能、記録媒体に記録されているプログラム又はデータを読み出して表示部に表示する機能、等を有することができる。さらに、複数の表示部を有する電子機器においては、一つの表示部を主として画像情報を表示し、別の一つの表示部を主として文字情報を表示する機能、または、複数の表示部に視差を考慮した画像を表示することで立体的な画像を表示する機能、等を有することができる。さらに、受像部を有する電子機器においては、静止画を撮影する機能、動画を撮影する機能、撮影した画像を自動または手動で補正する機能、撮影した画像を記録媒体（外部又はカメラに内蔵）に保存する機能、撮影した画像を表示部に表示する機能、等を有することができる。なお、図４（Ａ）乃至図４（Ｆ）に示す電子機器が有することのできる機能はこれらに限定されず、様々な機能を有することができる。

[０１８８]

図４（Ｇ）は、スマートウォッチであり、筐体７０００、表示部７００１、操作ボタン７０２２、７０２３、接続端子７０２４、バンド７０２５、留め金７０２６、等を有する。

[０１８９]

ベゼル部分を兼ねる筐体７０００に搭載された表示部７００１は、非矩形状の表示領域を有している。表示部７００１は、時刻を表すアイコン７０２７、その他のアイコン７０２８等を表示することができる。また、表示部７００１は、タッチセンサ（入力装置）を搭載したタッチパネル（入出力装置）であってもよい。

[０１９０]

なお、図４（Ｇ）に示すスマートウォッチは、様々な機能を有することができる。例えば、様々な情報（静止画、動画、テキスト画像など）を表示部に表示する機能、タッチパネル機能、カレンダー、日付又は時刻などを表示する機能、様々なソフトウェア（プログラム）によって処理を制御する機能、無線通信機能、無線通信機能を用いて様々なコンピュータネットワークに接続する機能、無線通信機能を用いて様々なデータの送信又は受信を行う機能、記録媒体に記録されているプログラム又はデー

タを読み出して表示部に表示する機能、等を有することができる。

[0191]

また、筐体7000の内部に、スピーカ、センサ（力、変位、位置、速度、加速度、角速度、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、に問い又は赤外線を測定する機能を含むもの）、マイクロフォン等を有することができる。

[0192]

なお、本発明の一態様である発光装置および本発明の一態様である発光素子を有する表示装置は、本実施の形態に示す電子機器の各表示部に用いることができ、長寿命な電子機器を実現できる。

[0193]

また、発光装置を適用した電子機器として、図5（A）～（C）に示すような折りたたみ可能な携帯情報端末が挙げられる。図5（A）には、展開した状態の携帯情報端末9310を示す。また、図5（B）には、展開した状態又は折りたたんだ状態の一方から他方に変化する途中の状態の携帯情報端末9310を示す。さらに、図5（C）には、折りたたんだ状態の携帯情報端末9310を示す。携帯情報端末9310は、折りたたんだ状態では可搬性に優れ、展開した状態では、継ぎ目のない広い表示領域により表示の一覧性に優れる。

[0194]

表示部9311はヒンジ9313によって連結された3つの筐体9315に支持されている。なお、表示部9311は、タッチセンサ（入力装置）を搭載したタッチパネル（入出力装置）であってもよい。また、表示部9311は、ヒンジ9313を介して2つの筐体9315間を屈曲させることにより、携帯情報端末9310を展開した状態から折りたたんだ状態に可逆的に変形させることができる。なお、本発明の一態様の発光装置は、表示部9311に用いることができる。また、長寿命な電子機器を実現できる。表示部9311における表示領域9312は折りたたんだ状態の携帯情報端末9310の側面に位置する表示領域である。表示領域9312には、情報アイコンや使用頻度の高いアプリやプログラムのショートカットなどを表示させることができ、情報の確認やアプリなどの起動をスムーズに行うことができる。

[0195]

また、発光装置を適用した自動車について、図6（A）（B）に示す。すなわち、発光装置を、自動車と一体にして設けることができる。具体的には、図6（A）に示す自動車の外側のライト5101（車体後部も含む）、タイヤのホイール5102、ドア5103の一部または全体などに適用することができる。また、図6（B）に示す自動車の内側の表示部5104、ハンドル5105、シフトレバー5106、座席シート5107、インナーリアビューミラー5108等に適用することができる。その他、ガラス窓の一部に適用してもよい。

[0196]

以上のようにして、本発明の一態様である発光装置や表示装置を適用した電子機器や自動車を得ることができる。なお、その場合には、長寿命な電子機器を実現できる。なお、適用できる電子機器や自動車は、本実施の形態に示したものに限らず、あらゆる分野において適用することが可能である。

[0197]

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

[0198]

(実施の形態6)

本実施の形態では、本発明の一態様である発光装置、またはその一部である発光素子を適用して作製される照明装置の構成について図7を用いて説明する。

[0199]

図7(A)、(B)、(C)、(D)には、照明装置の断面図の一例を示す。なお、図7(A)、(B)は基板側に光を取り出すボトムエミッション型の照明装置であり、図7(C)、(D)は、封止基板側に光を取り出すトップエミッション型の照明装置である。

[0200]

図7(A)に示す照明装置4000は、基板4001上に発光素子4002を有する。また、基板4001の外側に凹凸を有する基板4003を有する。発光素子4002は、第1の電極4004と、EL層4005と、第2の電極4006を有する。

[0201]

第1の電極4004は、電極4007と電氣的に接続され、第2の電極4006は電極4008と電氣的に接続される。また、第1の電極4004と電氣的に接続される補助配線4009を設けてもよい。なお、補助配線4009上には、絶縁層4010が形成されている。

[0202]

また、基板4001と封止基板4011は、シール材4012で接着されている。また、封止基板4011と発光素子4002の間には、乾燥剤4013が設けられていることが好ましい。なお、基板4003は、図7(A)のような凹凸を有するため、発光素子4002で生じた光の取り出し効率を向上させることができる。

[0203]

また、基板4003に代えて、図7(B)の照明装置4100のように、基板4001の外側に拡散板4015を設けてもよい。

[0204]

図7(C)の照明装置4200は、基板4201上に発光素子4202を有する。発光素子4202は第1の電極4204と、EL層4205と、第2の電極4206とを有する。

[0205]

第1の電極4204は、電極4207と電氣的に接続され、第2の電極4206は電極4208と電氣的に接続される。また第2の電極4206と電氣的に接続される補助配線4209を設けてもよい。また、補助配線4209の下部に、絶縁層4210を設けてもよい。

[0206]

基板4201と凹凸のある封止基板4211は、シール材4212で接着されている。また、封止基板4211と発光素子4202の間にバリア膜4213および平坦化膜4214を設けてもよい。なお、封止基板4211は、図7(C)のような凹凸を有するため、発光素子4202で生じた光の取り出し効率を向上させることができる。

[0207]

また、封止基板4211に代えて、図7(D)の照明装置4300のように、発光素子4202の上に拡散板4215を設けてもよい。

[0208]

なお、本実施の形態で示すように、本発明の一態様である発光装置、またはその一部である発光素子を適用することで、所望の色度を有する照明装置を提供することができる。

[0209]

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

[0210]

(実施の形態7)

本実施の形態では、本発明の一態様である発光装置、またはその一部である発光素子を適用して作製される照明装置の応用例について、図8を用いて説明する。

[0211]

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

[0212]

また、足元灯8002は、床面に灯りを照射し、足元の安全性を高めることができる。例えば、寝室や階段や通路などに使用するのが有効である。その場合、部屋の広さや構造に応じて適宜サイズや形状を変えることができる。また、発光装置と支持台とを組み合わせる構成される据え置き型の照明装置とすることも可能である。

[0213]

また、シート状照明8003は、薄型のシート状の照明装置である。壁面に張り付けて使用するため、場所を取らず幅広い用途に用いることができる。なお、大面積化も容易である。なお、曲面を有する壁面や筐体に用いることもできる。

[0214]

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

[0215]

なお、上記以外にも室内に備えられた家具の一部に本発明の一態様である発光装置、またはその一部である発光素子を適用することにより、家具としての機能を備えた照明装置とすることができる。

[0216]

以上のように、発光装置を適用した様々な照明装置が得られる。なお、これらの照明装置は本発明の一態様に含まれるものとする。

[0217]

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

[実施例1]

[0218]

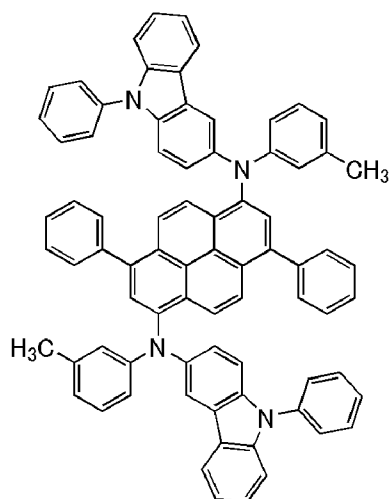
《合成例1》

本実施例では、実施の形態1の構造式(100)で表される本発明の一態様である有機化合物、N, N'-ビス(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)-3, 8-ジフェニル-N, N'-ジ(m-トリル)-1, 6-ピレンジアミン(略称: ph-1, 6mMePCAPrn)の合成方法に

ついて説明する。なお、 $ph-1,6mMePCAPrn$ の構造を以下に示す。

[0219]

[化18]



($ph-1,6mMePCAPrn$)

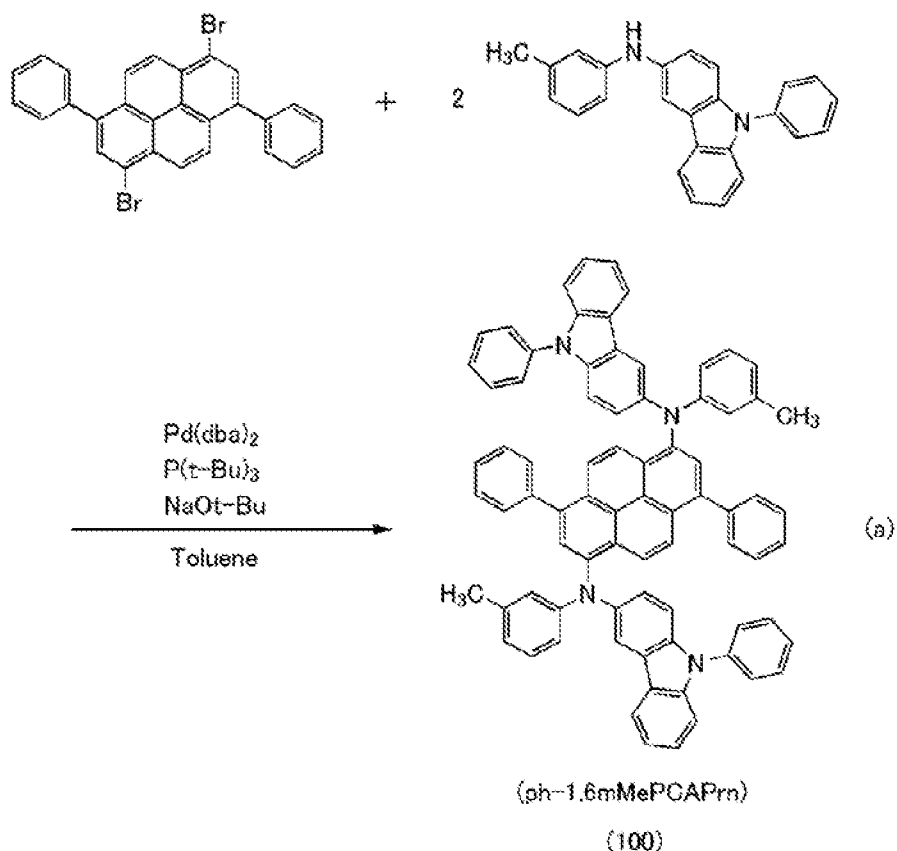
(100)

[0220]

200 mL三口フラスコに、1.0 g (2.0 mmol)の1,6-ジブromo-3,8-ジフェニルピレンと、1.5 g (4.4 mmol)のN-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)-N-(m-トリル)アミンと、0.86 g (9.0 mmol)のナトリウム tert-ブトキシドを入れた。フラスコ内を窒素置換してから、この混合物へ20 mLのトルエンと、0.27 mLのトリ(tert-ブチル)ホスフィン(10 wt%ヘキサン溶液)を加えた。この混合物を減圧しながら攪拌することで脱気をした。脱気後、この混合物へ23 mg (0.040 mmol)のビス(ジベンジリデンアセトン)パラジウム(0)を加えた。この混合物を窒素気流下、120℃で13時間攪拌したところ固体が析出した。攪拌後、この混合物を吸引ろ過して固体を得た。得られた固体を約350 mLの熱したトルエンに溶かし、この溶液をセライト、アルミナ、フロリジールを通して吸引ろ過した。得られたろ液を濃縮して固体を得た。得られた固体をトルエンで再結晶したところ、目的物の黄色固体を1.2 g、収率56%で得た。合成スキームを下記式(a)に示す。

[0221]

[化19]



[0222]

得られた淡い黄色固体 1.0 g を、トレインサブレーション法により昇華精製した。昇華精製は、圧力 6.8×10^{-3} Pa で、 335°C で固体を加熱した。昇華精製後、目的物の橙色固体を 0.49 g、回収率 49% で得た。

[0223]

得られた橙色固体の核磁気共鳴分光法 ($^1\text{H-NMR}$) による分析結果を下記に示す。また、 $^1\text{H-NMR}$ チャートを図 9 に示す。この結果から、本実施例において、上述の構造式 (100) で表される有機化合物、ph-1,6mMePCAPrn が得られたことがわかった。

[0224]

$^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , 300MHz): $\delta = 2.19$ (s, 6H), 6.69 (d, $J = 7.8\text{Hz}$, 2H), 6.79 (d, $J = 7.8\text{Hz}$, 2H), 6.86 (s, 2H), 7.04 (t, $J = 7.8\text{Hz}$, 2H), 7.13–7.18 (m, 2H), 7.24–7.45 (m, 16H), 7.50–7.59 (m, 12H), 7.85 (s, 2H), 7.90 (d, $J = 7.8\text{Hz}$, 2H), 7.94 (d, $J = 0.9\text{Hz}$, 2H), 8.02 (d, $J = 9.6\text{Hz}$, 2H), 8.25 (d, $J = 9.6\text{Hz}$, 2H)。

[0225]

次に、トルエン溶液中の ph-1,6mMePCAPrn の紫外可視吸収スペクトル (以下、単に「吸収スペクトル」という) 及び発光スペクトルを図 10 (A) に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度および発光強度を表す。

[0226]

吸収スペクトルの測定には紫外可視分光光度計（日本分光株式会社製、V550型）を用いた。トルエン溶液中の $ph-1$, 6mMePCAPrn の吸収スペクトルは、 $ph-1$, 6mMePCAPrn のトルエン溶液を石英セルに入れて測定して得られた吸収スペクトルから、トルエンを石英セルに入れて測定して得られた吸収スペクトルを差し引いて算出した。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。トルエン溶液中の $ph-1$, 6mMePCAPrn の発光スペクトルは、 $ph-1$, 6mMePCAPrn のトルエン溶液を石英セルに入れて測定した。

[0227]

図10（A）より、 $ph-1$, 6mMePCAPrn のトルエン溶液では、462nm及び413nm、346nm、315nm付近に吸収ピークが見られ、511nm（励起波長：468nm）付近に発光波長のピークが見られた。

[0228]

次に、 $ph-1$, 6mMePCAPrn の固体薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを測定した。固体薄膜は石英基板上に真空蒸着法にて作製した。また、薄膜の吸収スペクトルは、基板を含めた透過率と反射率から求めた吸光度（ $-\log 10 \left[\%T / (100 - \%R) \right]$ ）より算出した。なお%Tは透過率、%Rは反射率を表す。吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計（日立ハイテクトロジー製、U-4100）を用いた。また、発光スペクトルの測定には、蛍光光度計（（株）浜松ホトニクス製 FS920）を用いた。得られた固体薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルの測定結果を図10（B）に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度および発光強度を表す。

[0229]

図10（B）の結果より、 $ph-1$, 6mMePCAPrn の固体薄膜では、468nm、413nm、351nm、318nm、及び283nm付近に吸収ピークが見られ、564nm、530nm（励起波長：470nm）付近に発光波長のピークが見られた。

[0230]

なお、 $ph-1$, 6mMePCAPrn は緑色に発光することを確認した。本発明の一態様である有機化合物、 $ph-1$, 6mMePCAPrn は、発光物質や可視域の蛍光発光物質のホストとしても利用可能である。また、 $ph-1$, 6mMePCAPrn の薄膜は、大気下においても膜質が安定していることがわかった。

[0231]

次に、 $ph-1$, 6mMePCAPrn の絶対量子収率を測定した。絶対量子収率の測定は絶対PL量子収率測定装置（（株）浜松ホトニクス社製、C9920-02）を用い、トルエンを溶媒として溶液調整した後、室温にて400nmから500nmの波長領域について測定を行った。その結果、絶対量子収率は90%であり、高い発光効率を示すことがわかった。一方、比較材料として1, 6PCAPrn の絶対量子収率も同様に測定したところ、絶対量子収率は80%であった。よって、 $ph-1$, 6mMePCAPrn は1, 6PCAPrn に比べ、ピレン骨格にアリール基としてフェニル基を有することに起因した高い絶対量子収率を持つことが分かった。

[実施例2]

[0232]

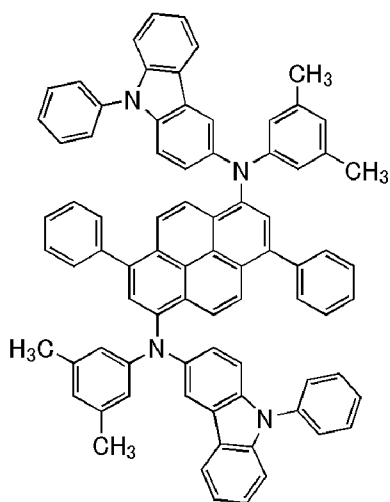
《合成例2》

本実施例では、実施の形態1の構造式（101）で表される本発明の一態様である有機化合物、N,

N'-ビス(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)-3,8-ジフェニル-N,N'-ジ(3,5-キシリル)-1,6-ピレンジアミン(略称: ph-1,6DMePCAPrn)の合成方法について説明する。なお、ph-1,6DMePCAPrnの構造式を以下に示す。

[0233]

[化20]



(ph-1,6DMePCAPrn)

(101)

[0234]

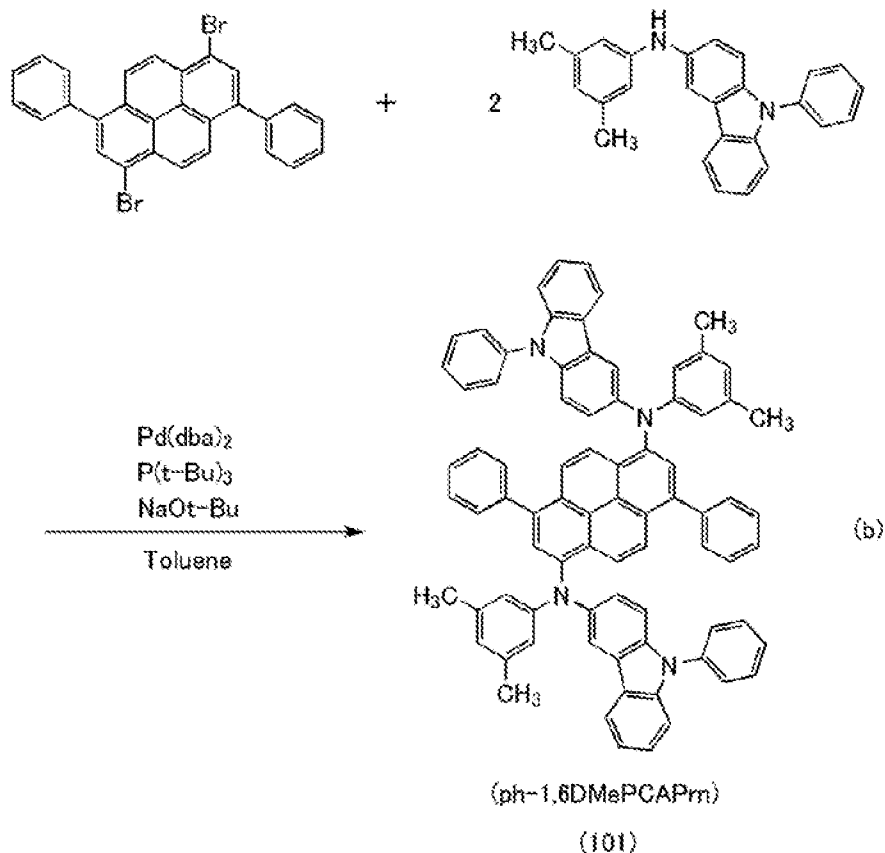
200 mL三口フラスコに、2.0 g (4.0 mmol)の1,6-ジブロモ-3,8-ジフェニルピレンと、3.0 g (8.3 mmol)のN-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)-N-(3,5-キシリル)アミンと、1.7 g (18 mmol)のナトリウム tert-ブトキシドを入れた。フラスコ内を窒素置換してから、この混合物へ42 mLのトルエンと、0.17 mLのトリ-tert-ブチルホスフィン(10 wt%ヘキサン溶液)を加えた。この混合物を減圧しながら攪拌することで脱気をした。

[0235]

脱気後、この混合物へ48 mg (0.083 mmol)のビス(ジベンジリデンアセトン)パラジウム(0)を加えた。この混合物を窒素気流下、120℃で11時間攪拌したところ固体が析出した。攪拌後、この混合物を吸引ろ過して固体を得た。得られた固体を約2.0 Lの熱したトルエンに溶かし、この溶液をセライト、アルミナ、フロリジールを通して吸引ろ過した。得られたろ液を濃縮して固体を得た。得られた固体をトルエンで再結晶したところ、目的物の黄色固体を2.2 g、収率52%で得た。合成スキームを下記式(b)に示す。

[0236]

[化21]



[0237]

得られた黄色固体 1.1 g をトレインサブレーション法により昇華精製した。昇華精製は、圧力 1.8×10^{-2} Pa 下で、黄色固体を 350°C で加熱して行った。昇華精製後、目的物の橙色固体を 0.50 g、回収率 45% で得た。

[0238]

得られた橙色固体の核磁気共鳴分光法 ($^1\text{H-NMR}$) による分析結果を下記に示す。また、 $^1\text{H-NMR}$ チャートを図 11 に示す。この結果から、本実施例において、上述の構造式 (101) で表される有機化合物、ph-1,6DMePCAPrn が得られたことがわかった。

[0239]

$^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , 300MHz): $\delta = 2.14$ (s, 12H), 6.53 (s, 2H), 6.65 (s, 4H), 7.12–7.18 (m, 2H), 7.23–7.45 (m, 16H), 7.51–7.59 (m, 12H), 7.85 (s, 2H), 7.89–7.92 (m, 4H), 8.02 (d, $J = 9.3\text{Hz}$, 2H), 8.26 (d, $J = 9.9\text{Hz}$, 2H)。

[0240]

次に、トルエン溶液中の ph-1,6DMePCAPrn の吸収スペクトル及び発光スペクトルを図 12 (A) に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度および発光強度を表す。

[0241]

吸収スペクトルの測定には紫外可視分光光度計 (日本分光株式会社製、V550 型) を用いた。トルエン溶液中の ph-1,6DMePCAPrn の吸収スペクトルは、ph-1,6DMePCAPrn のトルエン溶液を石英セルに入れて測定して得られた吸収スペクトルから、トルエンを石英セルに

入れて測定して得られた吸収スペクトルを差し引いて算出した。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 F S 9 2 0）を用いた。トルエン溶液中の p h - 1, 6 D M e P C A P r n の発光スペクトルは、p h - 1, 6 D M e P C A P r n のトルエン溶液を石英セルに入れて測定した。

[0242]

図12（A）より、p h - 1, 6 D M e P C A P r n のトルエン溶液では、465nmおよび317nm付近に吸収ピークが見られ、512nm（励起波長455nm）付近に発光波長のピークが見られた。

[0243]

次に、p h - 1, 6 D M e P C A P r n の固体薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを測定した。固体薄膜は石英基板上に真空蒸着法にて作製した。また、薄膜の吸収スペクトルは、基板を含めた透過率と反射率から求めた吸光度（ $-\log_{10} [\%T / (100 - \%R)]$ ）より算出した。なお%Tは透過率、%Rは反射率を表す。吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計（日立ハイテクノロジー製、U-4100）を用いた。また、発光スペクトルの測定には、蛍光光度計（（株）浜松ホトニクス製 F S 9 2 0）を用いた。得られた固体薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルの測定結果を図12（B）に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度および発光強度を表す。

[0244]

図12（B）の結果より、p h - 1, 6 D M e P C A P r n の固体薄膜では、462nm、413nm、350nm、317nm、288nm付近に吸収ピークが見られ、569nm、528nm付近（励起波長455nm）付近に発光波長のピークが見られた。

[0245]

なお、p h - 1, 6 D M e P C A P r n は緑色に発光することを確認した。本発明の一態様である有機化合物、p h - 1, 6 D M e P C A P r n は、発光物質や可視域の蛍光発光物質のホストとしても利用可能である。また、p h - 1, 6 D M e P C A P r n の薄膜は、大気下においても膜質が安定していることがわかった。

[0246]

p h - 1, 6 D M e P C A P r n 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。

[0247]

測定装置としては電気化学アナライザー（ビー・エー・エス（株）製、型番：ALSモデル600Aまたは600C）を用いた。CV測定における溶液は、溶媒として脱水ジメチルホルムアミド（DMF）（（株）アルドリッチ製、99.8%、カタログ番号；22705-6）を用い、支持電解質である過塩素酸テトラ-n-ブチルアンモニウム（ $n\text{-Bu}_4\text{NClO}_4$ ）（（株）東京化成製、カタログ番号；T0836）を100mmol/Lの濃度となるように溶解させ、さらに測定対象を2mmol/Lの濃度となるように溶解させて調製した。

[0248]

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

[0249]

また、CV測定時のスキャン速度は、 0.1 V/s 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。

[0250]

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、化合物の電氣的安定性を調べた。

[0251]

この結果、 $ph-1, 6DMePCAPrn$ の酸化電位 E_a [V] の測定において、HOMO準位は -5.27 eV であることがわかった。一方、還元電位 E_c [V] の測定において、LUMO準位は -2.76 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1サイクル目と100サイクル後の波形と比較したところ、 E_c 測定においては84%、のピーク強度を保っていたことから、 $ph-1, 6DMePCAPrn$ は還元に対する耐性が非常に良好であることが確認された。

[0252]

次に、 $ph-1, 6DMePCAPrn$ の絶対量子収率を測定した。絶対量子収率の測定は絶対PL量子収率測定装置（(株) 浜松ホトニクス社製、C9920-02）を用い、トルエンを溶媒として溶液調整した後、室温にて400nmから500nmの波長領域について測定を行った。その結果、絶対量子収率は88%であり、高い発光効率を示すことがわかった。一方、比較材料として1, 6PCAPrnの絶対量子収率も同様に測定したところ、絶対量子収率は80%であった。よって、 $ph-1, 6DMePCAPrn$ は1, 6PCAPrnに比べ、ピレン骨格にアリール基としてフェニル基を有することに起因した高い絶対量子収率を持つことが分かった。

[実施例3]

[0253]

本実施例では、本発明の一態様である発光素子として、実施例1で説明した $ph-1, 6mMePCAPrn$ （構造式（100））を発光層に用いた発光素子1について、素子構造、作製方法およびその特性について説明する。なお、本実施例で用いる発光素子の素子構造を図13に示し、具体的な構成について表1に示す。また、本実施例で用いる材料の化学式を以下に示す。

[0254]

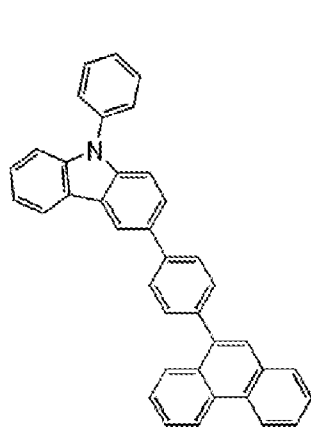
[表1]

	第1 の電極	正孔 注入層	正孔 輸送層	発光層	電子 輸送層		電子 注入層	第2 の電極
	901	911	912	913	914		915	903
発光素子 1	ITO (70nm)	PCPPn:MoOx (4.2 20nm)	PCPPn (30nm)	*	2ph-cgDBCzPA (10nm)	Bphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

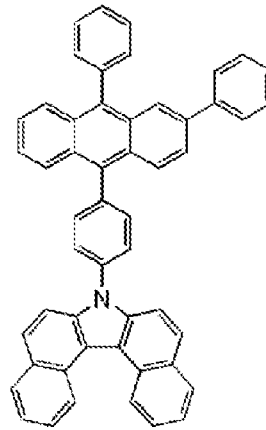
* 2ph-cgDBCzPA:ph-1,6mMePCAPrn (1:0.03 25nm)

[0 2 5 5]

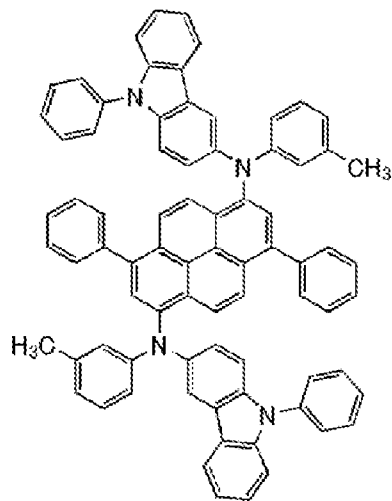
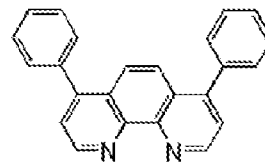
[化 2 2]



PCPPn



2ph-cgDBCzPA

ph-1,6mMePCAPrn
(100)

Bphen

[0 2 5 6]

≪発光素子の作製≫

本実施例で示す発光素子は、図 1 3 に示すように基板 9 0 0 上に形成された第 1 の電極 9 0 1 上に発光層 9 0 2 として、正孔注入層 9 1 1、正孔輸送層 9 1 2、発光層 9 1 3、電子輸送層 9 1 4、電子注入層 9 1 5 が順次積層され、電子注入層 9 1 5 上に第 2 の電極 9 0 3 が積層された構造を有する。

[0 2 5 7]

まず、基板 9 0 0 上に第 1 の電極 9 0 1 を形成した。電極面積は、 4 mm^2 ($2\text{ mm} \times 2\text{ mm}$) とした。また、基板 9 0 0 には、ガラス基板を用いた。また、第 1 の電極 9 0 1 は、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物 (ITO) をスパッタリング法により、 70 nm の膜厚で成膜して形成した。

[0 2 5 8]

ここで、前処理として、基板の表面を水で洗浄し、 200°C で 1 時間焼成した後、UV オゾン処理を 370 秒行った。その後、 10^{-4} Pa 程度まで内部が減圧された真空蒸着装置に基板を導入し、真

空蒸着装置内の加熱室において、170℃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。

[0259]

次に、第1の電極901上に正孔注入層911を形成した。正孔注入層911は、真空蒸着装置内を 10^{-4} Paに減圧した後、3-[4-(9-フェナントリル)フェニル]-9-フェニル-9H-カルバゾール(略称:PCPPn)と酸化モリブデンとを、PCPPn:酸化モリブデン=4:2(質量比)とし、膜厚が20nmとなるように共蒸着して形成した。

[0260]

次に、正孔注入層911上に正孔輸送層912を形成した。正孔輸送層912は、PCPPnを用い、膜厚が30nmになるように蒸着して形成した。

[0261]

次に、正孔輸送層912上に発光層913を形成した。

[0262]

発光層913は、ホスト材料として、7-[4-(2,9-ジフェニル-10-アントリル)フェニル]-7H-ジベンゾ[c,g]カルバゾール(略称:2ph-cgDBCzPA)を用い、ゲスト材料(蛍光材料)として、N,N'-ビス(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)-3,8-ジフェニル-N,N'-ジ(m-トリル)-1,6-ピレンジアミン(略称:ph-1,6mMePCAPrn)を用い、重量比が2ph-cgDBCzPA:ph-1,6mMePCAPrn=1:0.03となるように共蒸着した。なお、膜厚は、25nmとした。

[0263]

次に、発光層913上に電子輸送層914を形成した。電子輸送層914は、2ph-cgDBCzPAの膜厚が10nm、バソフェナントロリン(略称:Bphen)の膜厚が15nmとなるように順次蒸着して形成した。

[0264]

次に、電子輸送層914上に電子注入層915を形成した。電子注入層915は、フッ化リチウム(LiF)を用い、膜厚が1nmになるように蒸着して形成した。

[0265]

次に、電子注入層915上に第2の電極903を形成した。第2の電極903は、アルミニウムを蒸着法により、膜厚が200nmとなるように形成した。なお、本実施例において、第2の電極903は、陰極として機能する。

[0266]

以上の工程により、基板900上に一対の電極間にEL層を挟んでなる発光素子を形成した。なお、上記工程で説明した正孔注入層911、正孔輸送層912、発光層913、電子輸送層914、電子注入層915は、本発明の一態様におけるEL層を構成する機能層である。また、上述した作製方法における蒸着工程では、全て抵抗加熱法による蒸着法を用いた。

[0267]

また、上記に示すように作製した発光素子は、別の基板(図示せず)により封止される。なお、別の基板(図示せず)を用いた封止の際は、窒素雰囲気グローブボックス内において、紫外光により固化するシール剤を塗布した別の基板(図示せず)を基板900上に固定し、基板900上に形成された発光素子の周囲にシール剤が付着するよう基板同士を接着させた。封止時には365nmの紫外光

を $6 \text{ J} / \text{cm}^2$ 照射しシール剤を固化し、 80°C にて 1 時間熱処理することによりシール剤を安定化させた。

[0268]

《発光素子の動作特性》

作製した発光素子 1 の動作特性について測定した。なお、測定は室温で行った。また、発光素子 1 の動作特性の結果として電流密度－輝度特性を図 14、電圧－輝度特性を図 15、輝度－電流効率特性を図 16、電圧－電流特性を図 17 にそれぞれ示す。

[0269]

また、 $1000 \text{ cd} / \text{m}^2$ 付近における発光素子 1 の主な初期特性値を以下の表 2 に示す。

[0270]

[表 2]

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA / cm^2)	色度(x,y)	輝度 (cd / m^2)	電流効率 (cd / A)	ハワー効率 (lm / W)	外部量子効率 (%)
発光素子 1	2.9	0.13	3.2	(0.25,0.65)	1200	37	41	11

[0271]

上記結果から、本実施例で作製した発光素子 1 は、良好な効率を示すことが分かる。

[0272]

また、発光素子 1 に $12.5 \text{ mA} / \text{cm}^2$ の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを、図 18 に示す。図 18 に示す通り、発光素子 1 の発光スペクトルは、 516 nm 付近にピークを有しており、発光層 913 に含まれる、 ph-1, 6mMePCAPrn の発光に由来していることが示唆される。

[0273]

次に、発光素子 1 に対する信頼性試験を行った。信頼性試験の結果を図 19 に示す。図 19 において、縦軸は初期輝度を 100% とした時の規格化輝度 (%) を示し、横軸は素子の駆動時間 (h) を示す。なお、信頼性試験は、 $50 \text{ mA} / \text{cm}^2$ の電流密度で一定の電流を流した定電流駆動試験を行った。

[0274]

信頼性試験の結果より、発光素子 1 は、高い信頼性を示すことが分かった。このことから、本発明の一態様である有機化合物、 ph-1, 6mMePCAPrn (構造式 (100)) を用いることは発光素子の素子特性を向上させる上で有用であると言える。

[実施例 4]

[0275]

本実施例では、本発明の一態様である発光素子として、実施例 2 で説明した ph-1, 6DMePCAPrn (構造式 (101)) を発光層に用いた発光素子 2 を作製し、その特性について測定した結果を示す。

[0276]

なお、本実施例で示す発光素子 2 は、第 1 の電極 901 から、正孔輸送層 912 までは実施例 3 に示す発光素子 1 と同様に作製した。

[0277]

発光層 913 にはホスト材料として、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) を用い、ゲスト材料 (蛍光材料) として N,N'-ビス(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)-3,8-ジフェニル-N,N'-ジ(3,5-キシリル)-1,6-ピレンジアミン (略称: ph-1,6DMePCAPrn) を用い、重量比が cgDBCzPA:ph-1,6DMePCAPrn=1:0.03 となるように共蒸着した。なお、膜厚は、25nm とした。

[0278]

次に、発光層 913 上に電子輸送層 914 を形成した。電子輸送層 914 は、cgDBCzPA の膜厚が 15nm、バソフェナントロリン (略称: Bphen) の膜厚が 10nm となるように順次蒸着して形成した。

[0279]

電子注入層 915 以降、第 2 の電極 903 までは実施例 3 に示す発光素子 1 と同様であるので説明を省略する。発光素子 2 の具体的な素子構成を表 3 に示す。また、本実施例で用いる材料の化学式を以下に示す。

[0280]

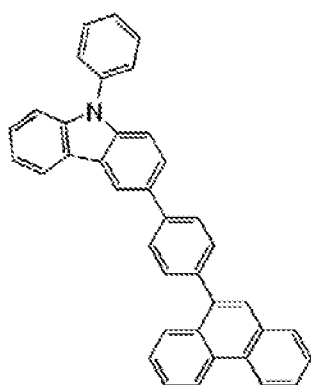
[表 3]

	第1 の電極	正孔 注入層	正孔 輸送層	発光層	電子 輸送層		電子 注入層	第2 の電極
	901	911	912	913	914		915	903
発光素子 2	ITSO (70nm)	PCPPn:MoOx (4:2 20nm)	PCPPn (30nm)	*	cgDBCzPA (15nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

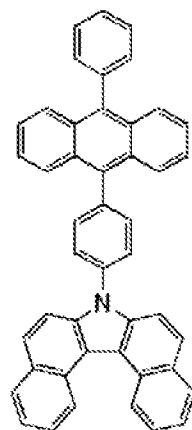
* cgDBCzPA:ph-1,6DMePCAPrn (1:0.03 25nm)

[0281]

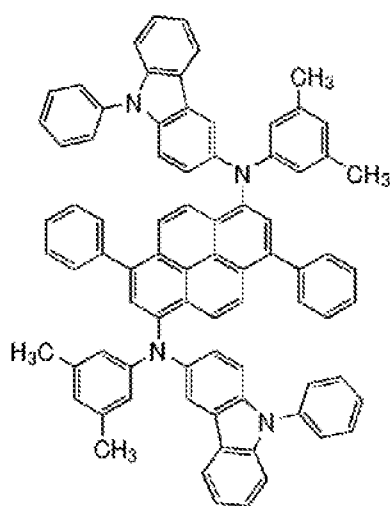
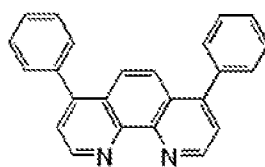
[化 23]



PCPPn



cgDBCzPA

ph-1,6DMePCAPm
(101)

Bphen

[0 2 8 2]

《発光素子 2 の動作特性》

作製した発光素子 2 の動作特性について測定した。なお、測定は室温で行った。

[0 2 8 3]

発光素子 2 の電流密度－輝度特性を図 2 0、電圧－輝度特性を図 2 1、輝度－電流効率特性を図 2 2、電圧－電流特性を図 2 3 にそれぞれ示す。

[0 2 8 4]

また、 1000 cd/m^2 付近における発光素子 2 の主な初期特性値を以下の表 4 に示す。

[0 2 8 5]

[表 4]

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度(x,y)	輝度 (cd/m ²)	電流効率 (cd/A)	ハワー効率 (lm/W)	外部量子効率 (%)
発光素子 2	3.0	0.12	3.1	(0.27,0.66)	1100	37	39	10

[0286]

上記結果から、本実施例で作製した発光素子2は、良好な効率を示すことが分かる。

[0287]

また、発光素子2に12.5 mA/cm²の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを、図24に示す。図24に示す通り、発光素子の発光スペクトルは、520 nm付近にピークを有しており、発光層913に含まれる、p h-1, 6 DMe PCAP r nの発光に由来していることが示唆される。

[符号の説明]

[0288]

101: 第1の電極、102: 第2の電極、103: EL層、103a、103b、103c: EL層、104 (104a、104b): 電荷発生層、111、111a、111b: 正孔注入層、112、112a、112b: 正孔輸送層、113、113a、113b: 発光層、114、114a、114b: 電子輸送層、115、115a、115b: 電子注入層、200R、200G、200B: 光学距離、201: 第1の基板、202: トランジスタ (FET)、203R、203G、203B、203W: 発光素子、204: EL層、205: 第2の基板、206R、206G、206B: カラーフィルタ、206R'、206G'、206B': カラーフィルタ、207: 第1の電極、208: 第2の電極、209: 黒色層 (ブラックマトリックス)、210R、210G: 導電層、301: 第1の基板、302: 画素部、303: 駆動回路部 (ソース線駆動回路)、304a、304b: 駆動回路部 (ゲート線駆動回路)、305: シール材、306: 第2の基板、307: 引き回し配線、308: FPC、309: FET、310: FET、311: FET、312: FET、313: 第1の電極、314: 絶縁物、315: EL層、316: 第2の電極、317: 発光素子、318: 空間、900: 基板、901: 第1の電極、902: EL層、903: 第2の電極、911: 正孔注入層、912: 正孔輸送層、913: 発光層、914: 電子輸送層、915: 電子注入層、4000: 照明装置、4001: 基板、4002: 発光素子、4003: 基板、4004: 第1の電極、4005: EL層、4006: 第2の電極、4007: 電極、4008: 電極、4009: 補助配線、4010: 絶縁層、4011: 封止基板、4012: シール材、4013: 乾燥剤、4015: 拡散板、4100: 照明装置、4200: 照明装置、4201: 基板、4202: 発光素子、4204: 第1の電極、4205: EL層、4206: 第2の電極、4207: 電極、4208: 電極、4209: 補助配線、4210: 絶縁層、4211: 封止基板、4212: シール材、4213: バリア膜、4214: 平坦化膜、4215: 拡散板、4300: 照明装置、5101: ライト、5102: ホイール、5103: ドア、5104: 表示部、5105: ハンドル、5106: シフトレバー、5107: 座席シート、5108: インナーリアビューミラー、7000: 筐体、7001: 表示部、7002: 第2表示部、7003: スピーカ、7004: LEDランプ、7005: 操作キー、7006: 接続端子、7007: センサ、7008: マイクロフォン、7009: スイッチ、7010: 赤外線ポート、7011: 記録媒体読込部、7012: 支持部、7013: イヤホン、7014: アンテナ、7015:

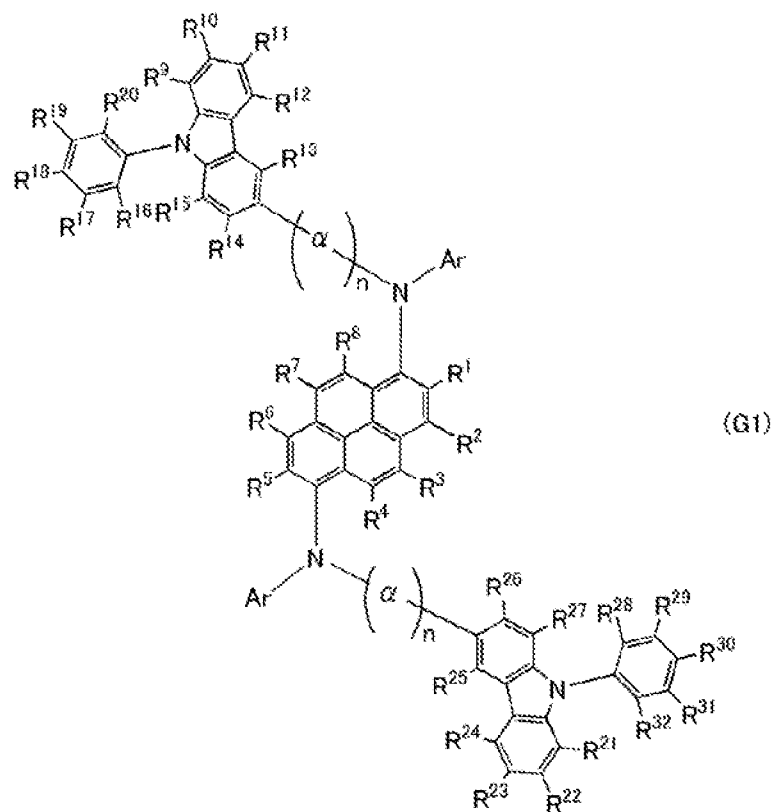
シャッターボタン、7016：受像部、7018：スタンド、7020：カメラ、7021：外部接続部、7022、7023：操作ボタン、7024：接続端子、7025：バンド、7026：留め金、7027：時刻を表すアイコン、7028：その他のアイコン、8001：照明装置、8002：照明装置、8003：照明装置、8004：照明装置、9310：携帯情報端末、9311：表示部、9312：表示領域、9313：ヒンジ、9315：筐体

請求の範囲

[請求項 1]

一般式 (G 1) で表される有機化合物。

[化 1]

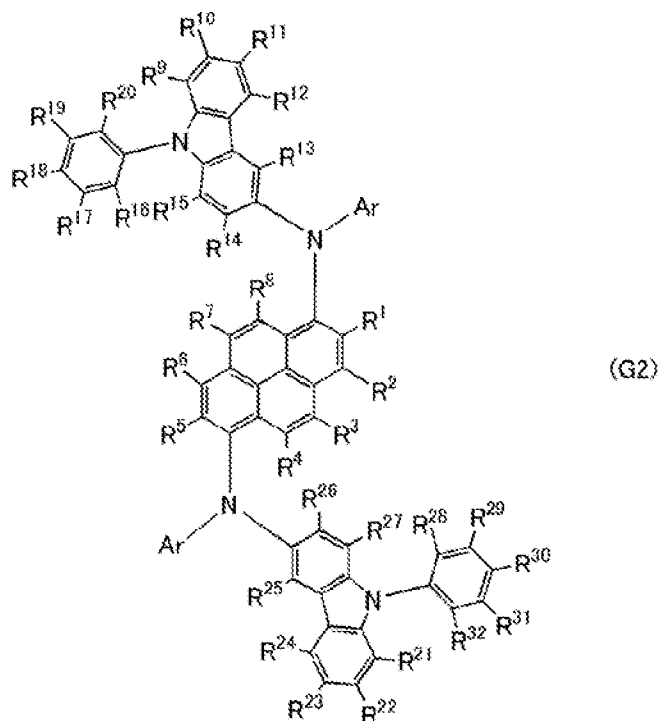


(式中、Ar は、置換又は無置換の炭素数 6 乃至 10 のアリール基を表し、 α は、置換又は無置換のフェニレン基を表し、R¹ 乃至 R⁸ は、それぞれ独立に水素原子、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、または置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基のいずれか一を表す。但し、R¹ 乃至 R⁸ の少なくとも一は、置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基を表す。また、R⁹ 乃至 R³² は、それぞれ独立に水素原子、または炭素数 1 乃至 6 のアルキル基のいずれか一を表す。また、n は、0 または 1 である。)

[請求項 2]

一般式 (G 2) で表される有機化合物。

[化 2]

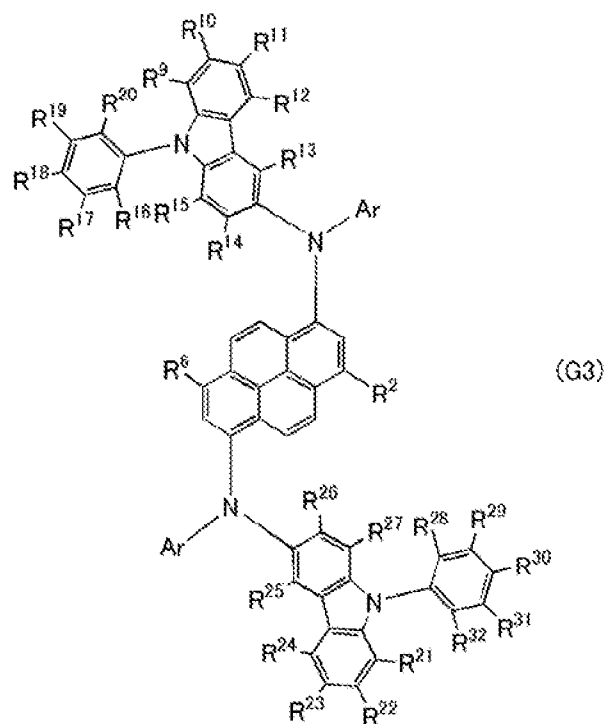


(式中、Ar は、置換又は無置換の炭素数 6 乃至 10 のアリール基を表し、 R^1 乃至 R^8 は、それぞれ独立に水素原子、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、または置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基のいずれか一を表す。但し、 R^1 乃至 R^8 の少なくとも一は、置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基を表す。また、 R^9 乃至 R^{32} は、それぞれ独立に水素原子、または炭素数 1 乃至 6 のアルキル基のいずれか一を表す。)

[請求項 3]

一般式 (G 3) で表される有機化合物。

[化 3]

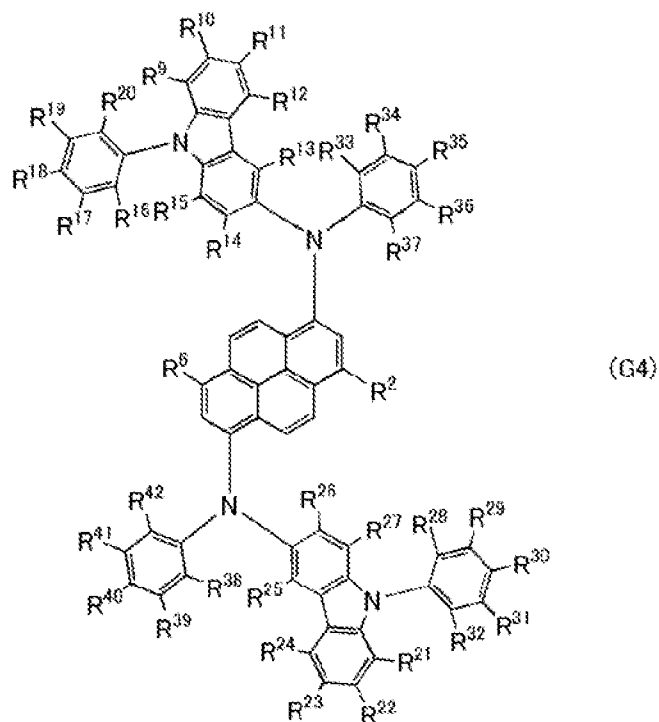


(式中、Ar は、置換又は無置換の炭素数 6 乃至 10 のアリール基を表し、R²およびR⁶は、それぞれ独立に水素原子、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、または置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基のいずれか一を表す。但し、R²およびR⁶の少なくとも一は、置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基を表す。また、R⁹乃至R³²は、それぞれ独立に水素原子、または炭素数 1 乃至 6 のアルキル基のいずれか一を表す。)

[請求項 4]

一般式 (G 4) で表される有機化合物。

[化 4]



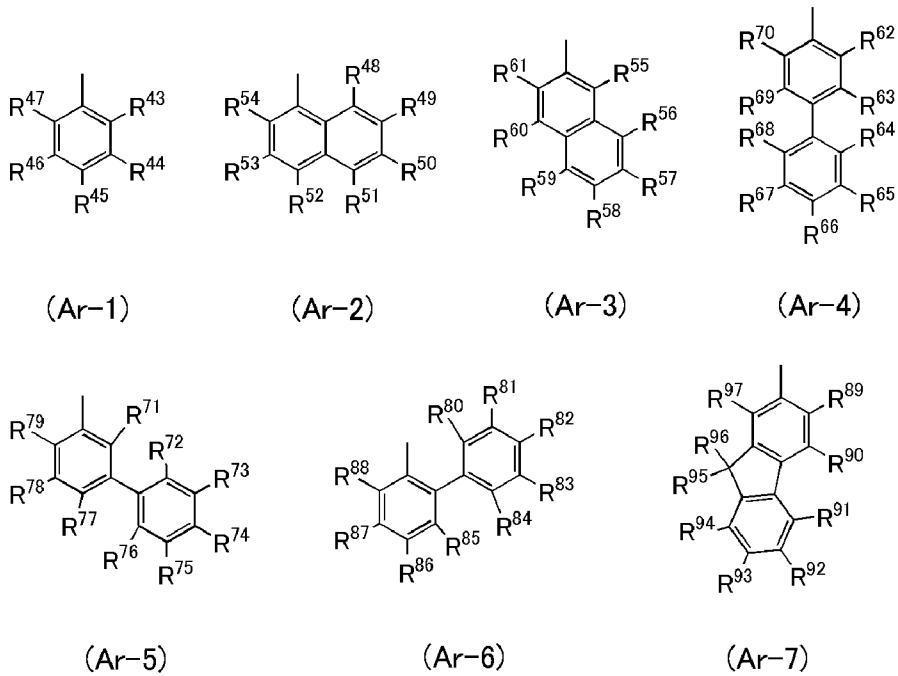
(式中、 R^2 および R^6 は、それぞれ独立に水素原子、炭素数1乃至6のアルキル基、または置換もしくは無置換の炭素数6乃至13のアリール基のいずれか一を表す。但し、 R^2 および R^6 の少なくとも一は、置換もしくは無置換の炭素数6乃至13のアリール基を表す。また、 R^9 乃至 R^{42} は、それぞれ独立に水素原子、または炭素数1乃至6のアルキル基のいずれか一を表す。)

[請求項5]

請求項1において、

R^2 および R^6 は、下記構造式(Ar-1)乃至(Ar-7)のいずれか一で表されることを特徴とする有機化合物。

[化5]

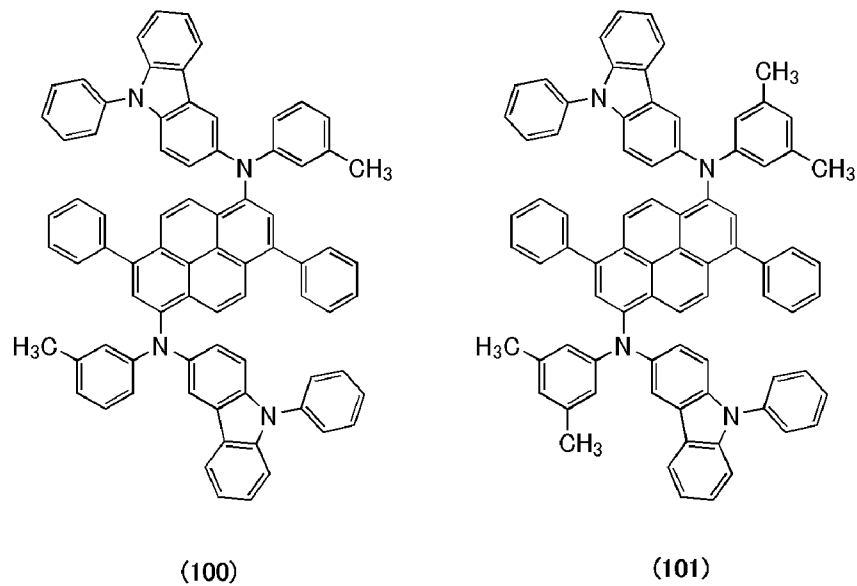


(式中、 R^{43} 乃至 R^{97} は、それぞれ独立に水素原子、または炭素数1乃至6のアルキル基のいずれかーを表す。)

[請求項6]

構造式(100)または構造式(101)で表される有機化合物。

[化6]



[請求項7]

請求項1乃至請求項6のいずれかーに記載の有機化合物を用いた発光素子。

[請求項8]

一対の電極間にEL層を有し、

前記EL層は、請求項1乃至請求項6のいずれかーに記載の有機化合物を有する発光素子。

[請求項 9]

一対の電極間に E L 層を有し、
前記 E L 層は、発光層を有し、
前記発光層は、請求項 1 乃至請求項 6 のいずれかに記載の有機化合物を有する発光素子。

[請求項 10]

請求項 7 に記載の発光素子と、
トランジスタ、または基板の少なくとも一と、
を有する発光装置。

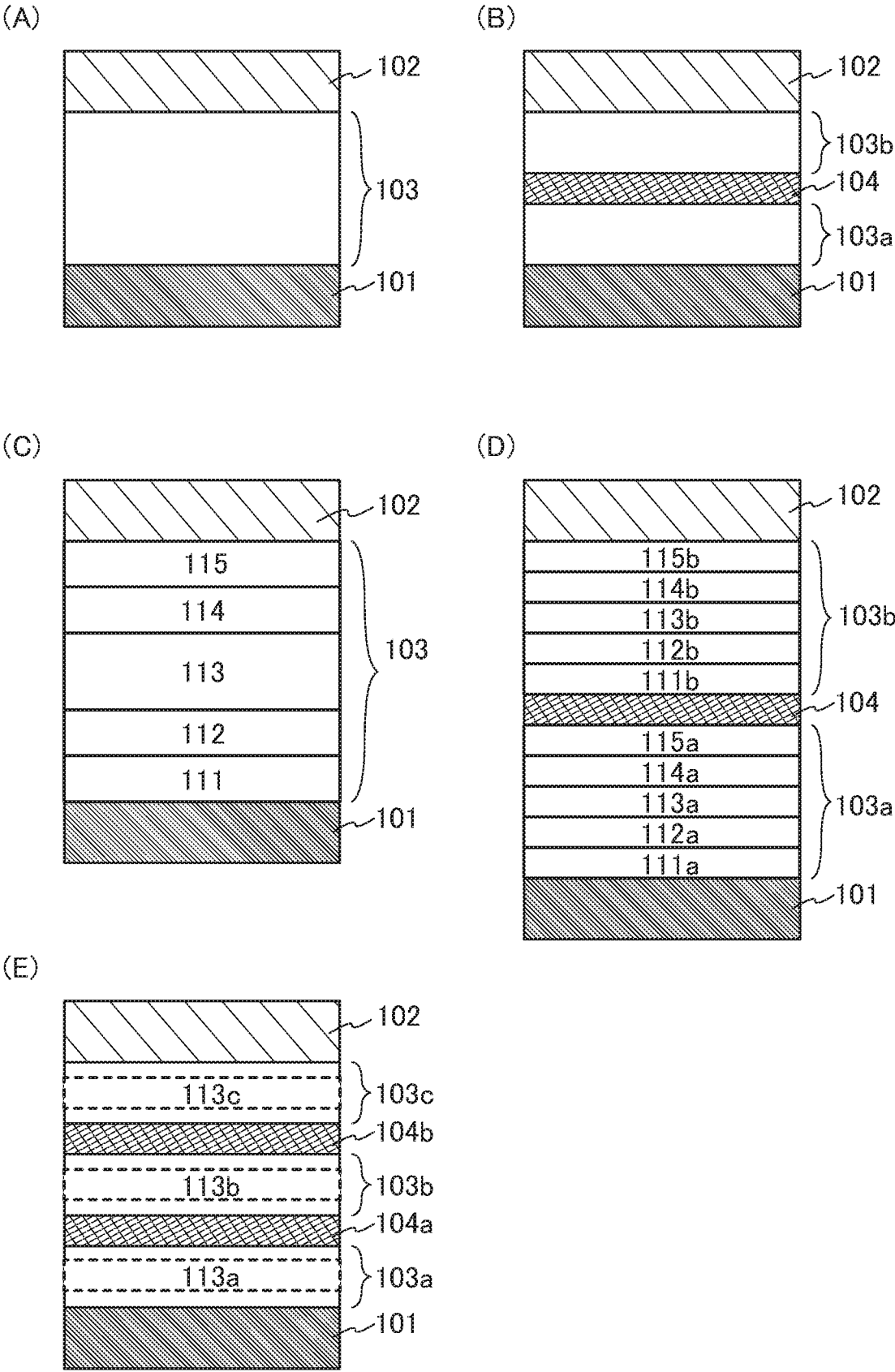
[請求項 11]

請求項 10 に記載の発光装置と、
マイク、カメラ、操作ボタン、外部接続部、または、スピーカの少なくとも一と、
を有する電子機器。

[請求項 12]

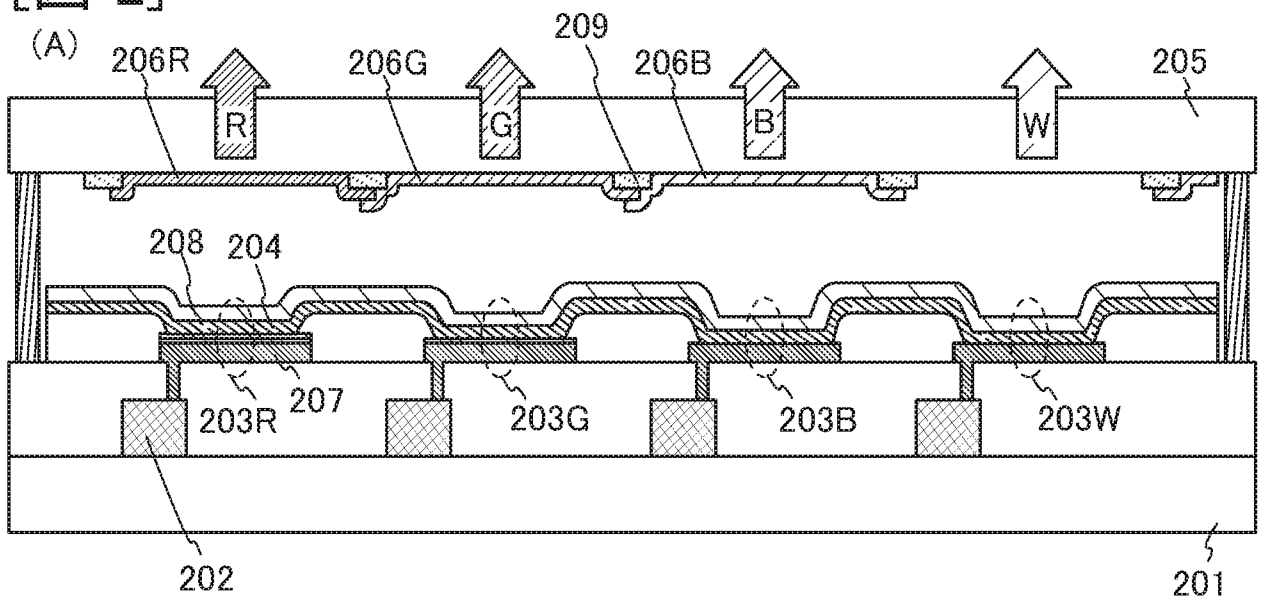
請求項 7 に記載の発光素子と、
筐体、カバー、または、支持台の少なくとも一と、
を有する照明装置。

[図 1]

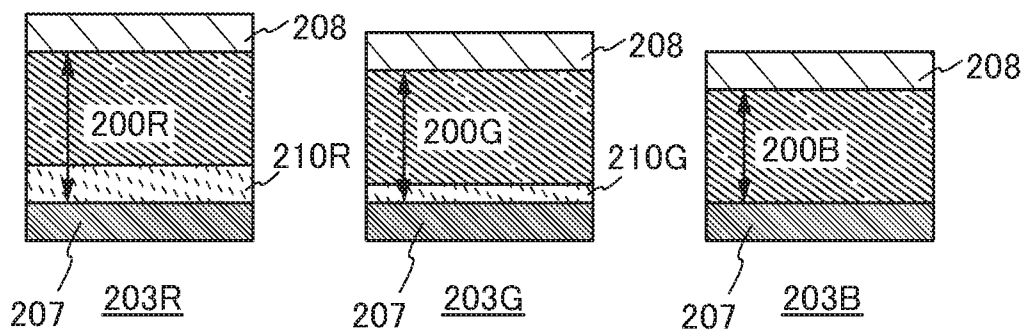


[図 2]

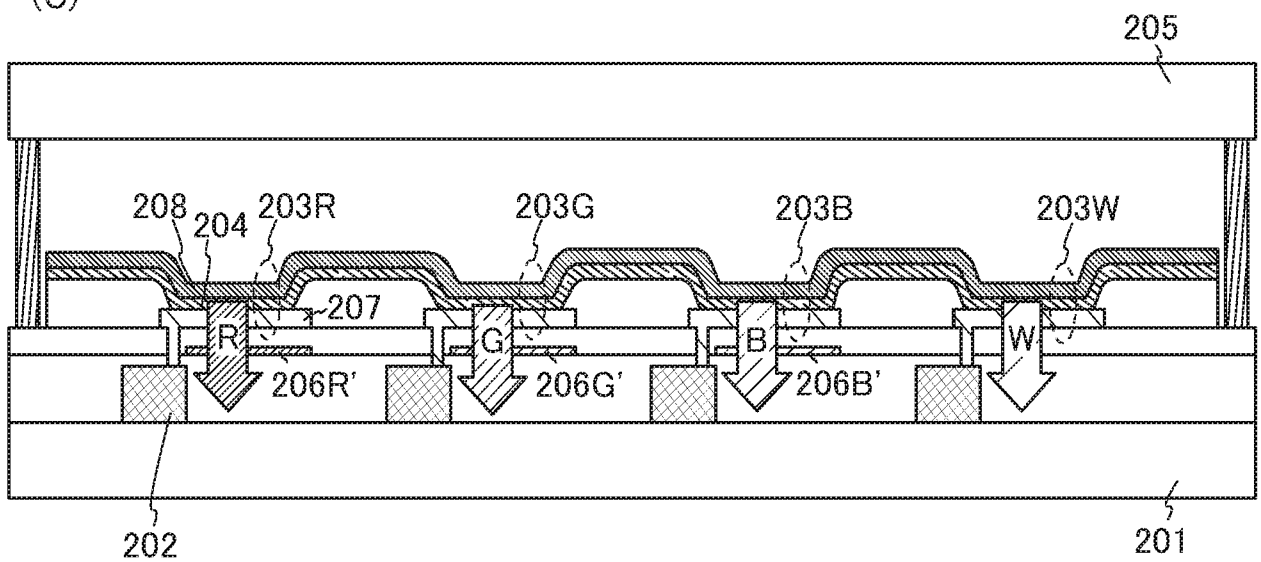
2/20



(B)



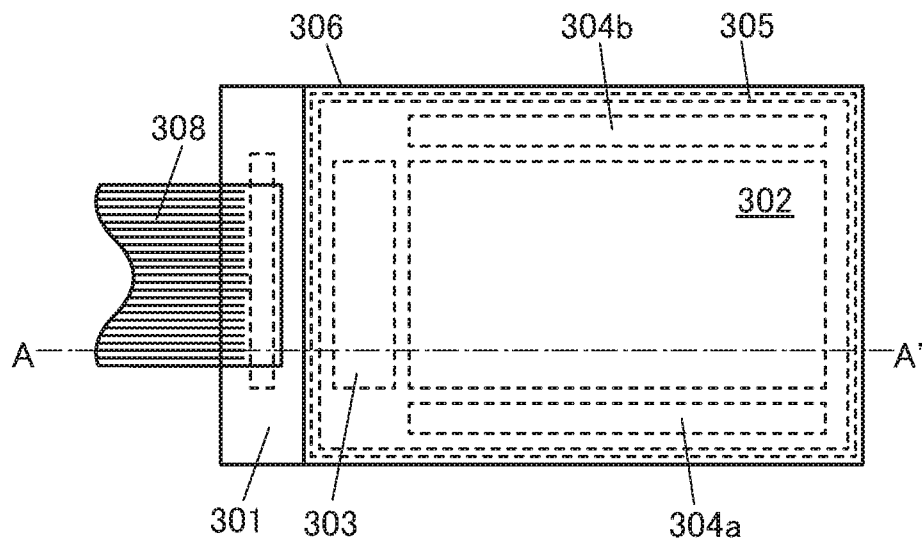
(C)



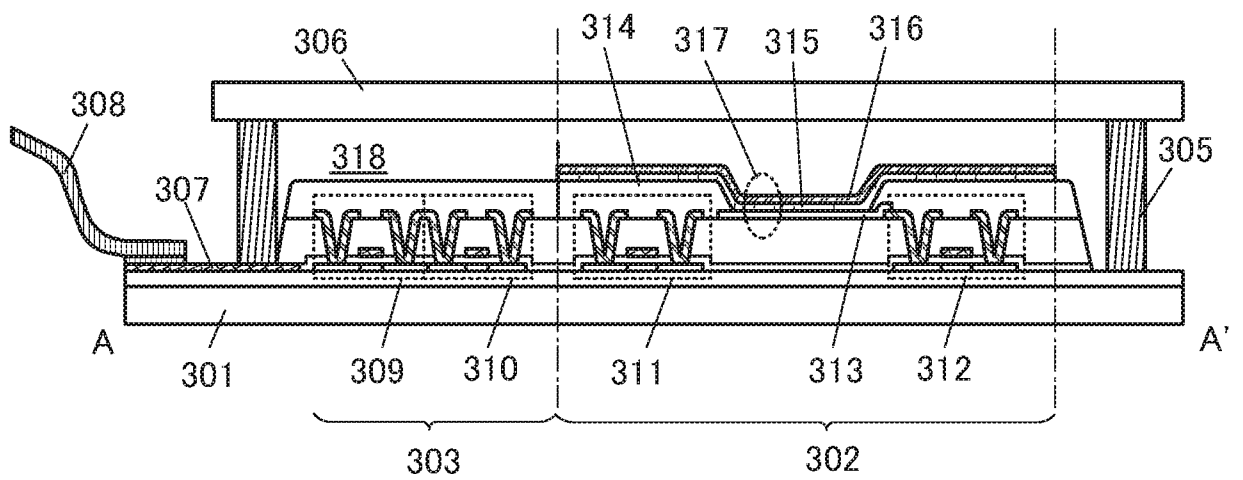
[ 3]

3/20

(A)

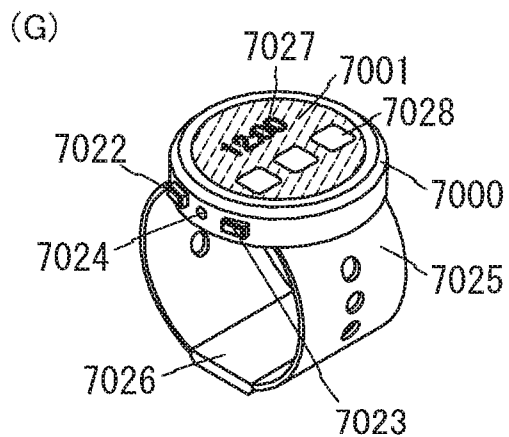
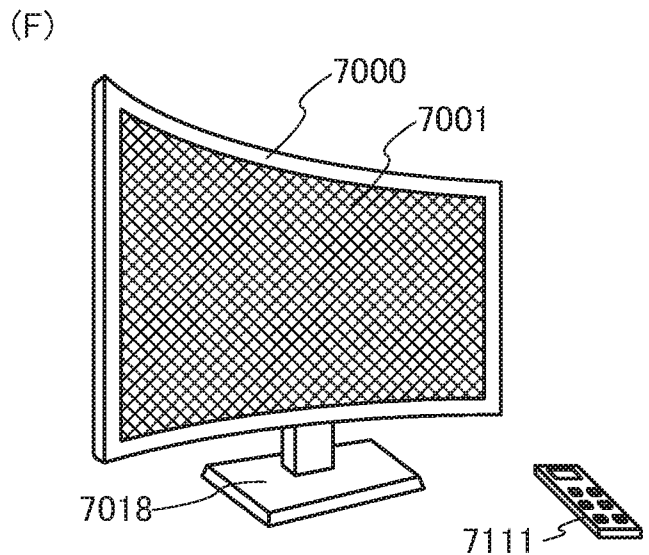
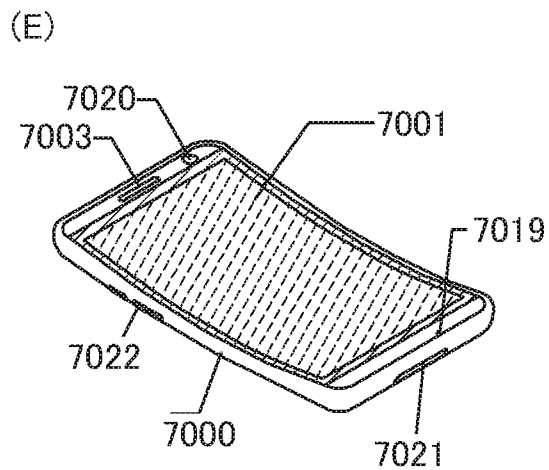
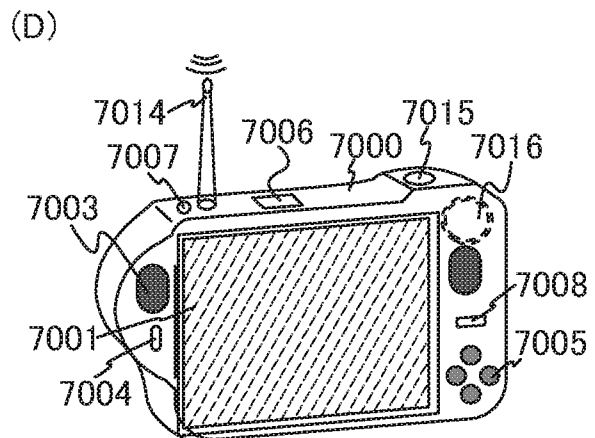
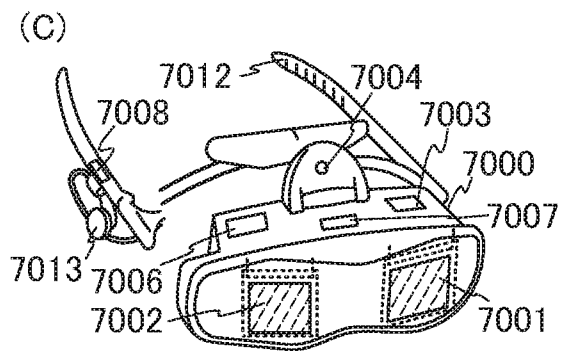
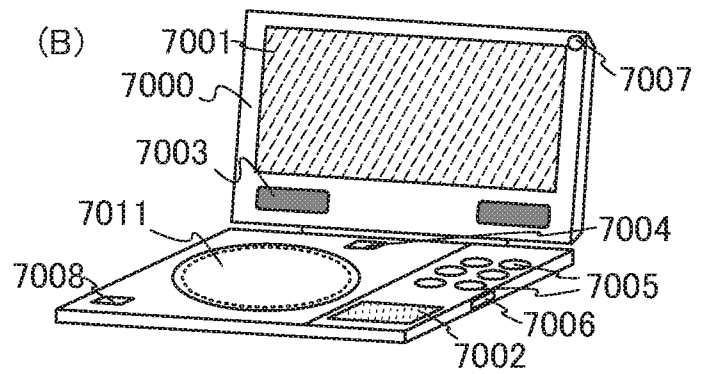
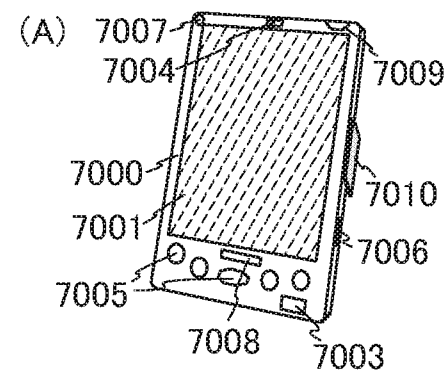


(B)



[図 4]

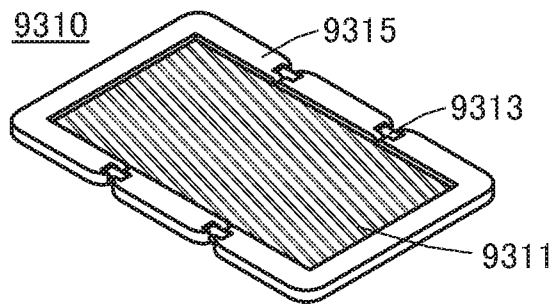
4/20



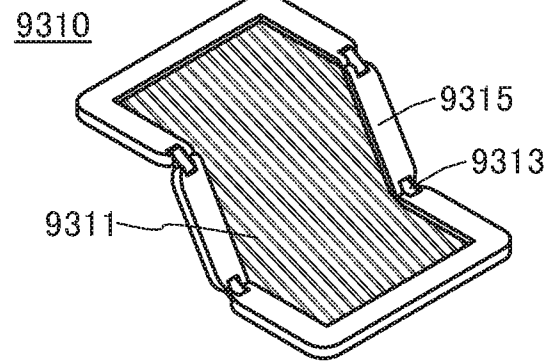
[図 5]

5/20

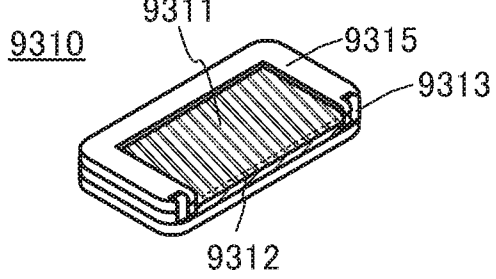
(A)



(B)



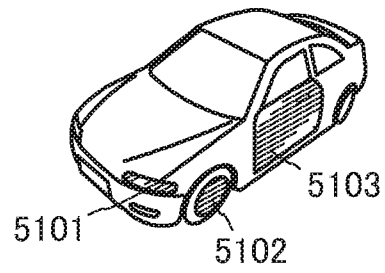
(C)



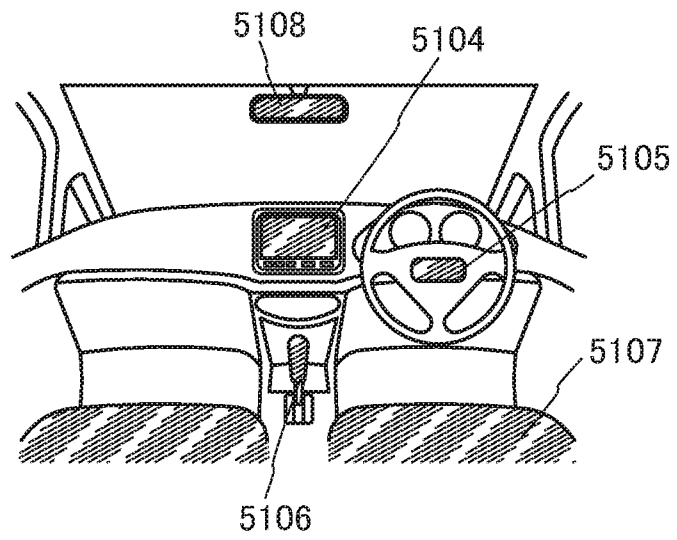
6/20

[図 6]

(A)

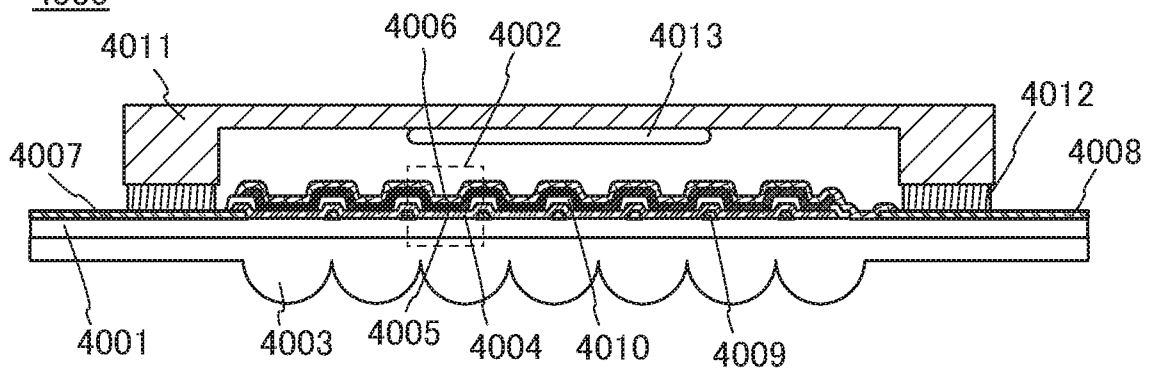


(B)

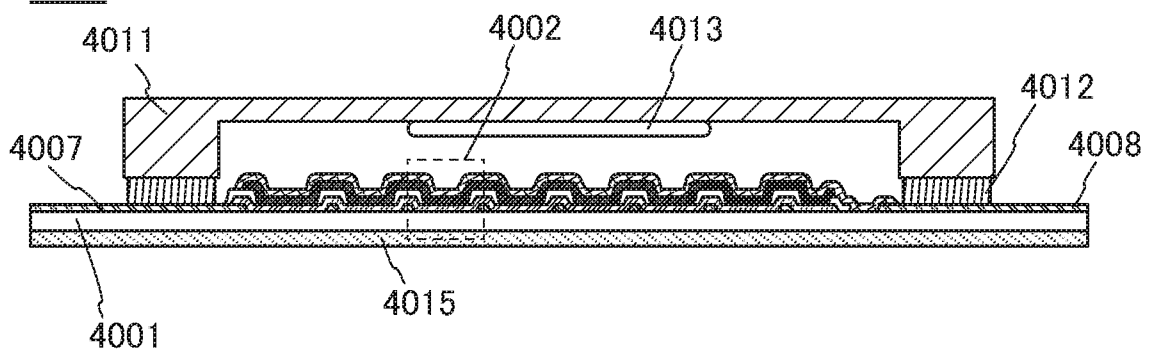


[図 7]

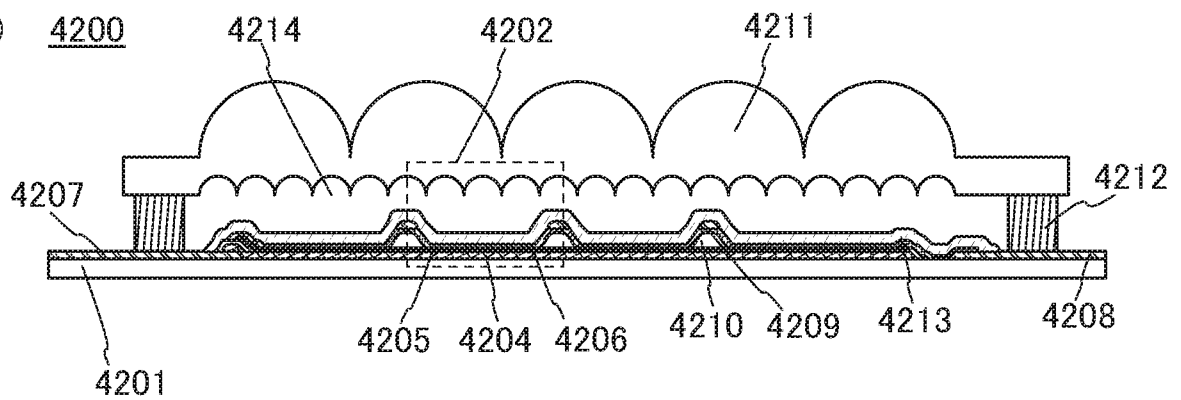
(A) 4000



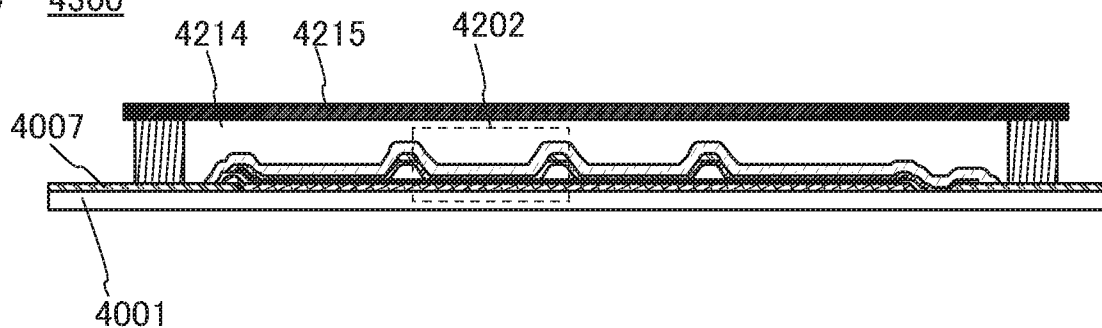
(B) 4100



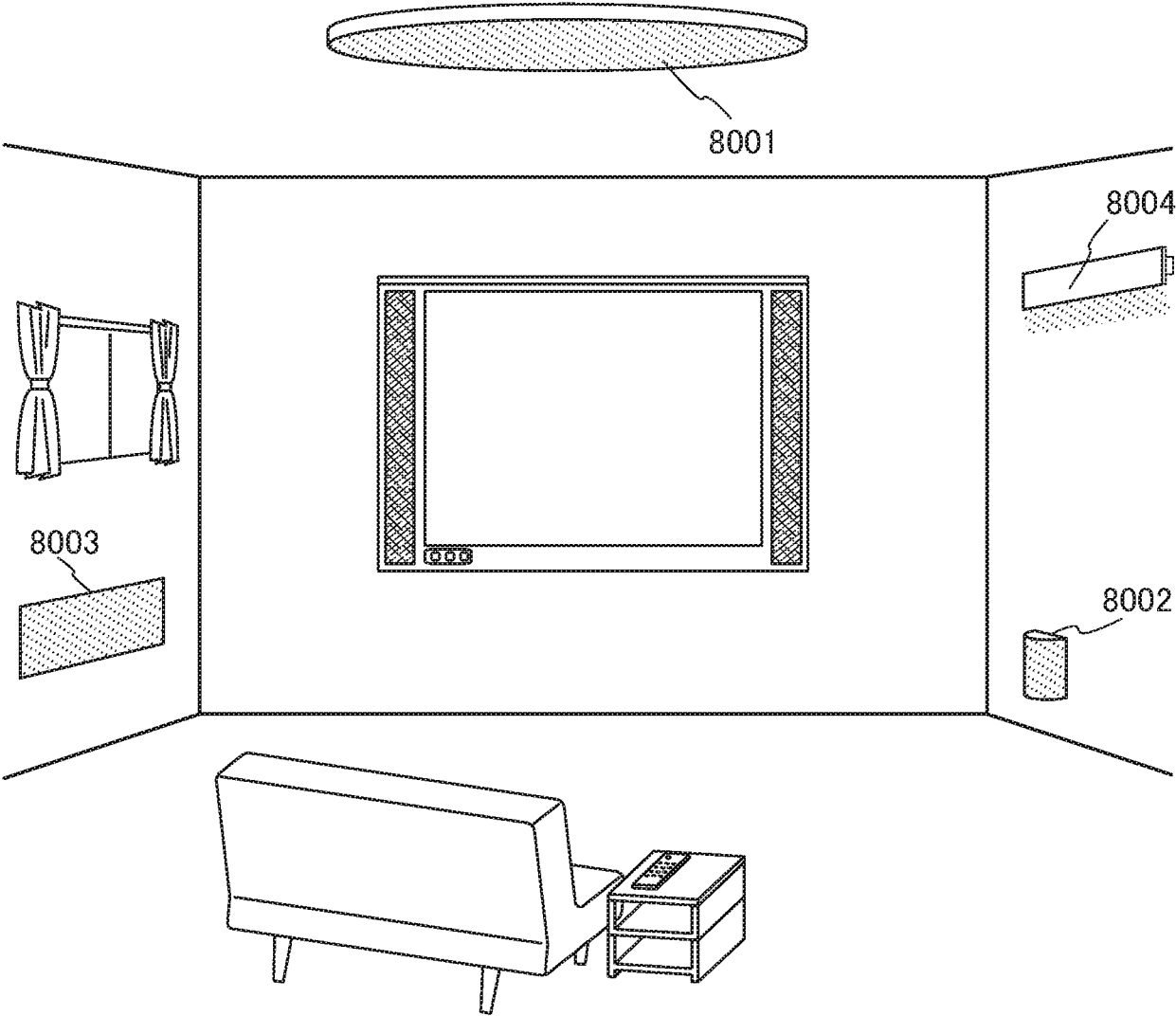
(C) 4200



(D) 4300

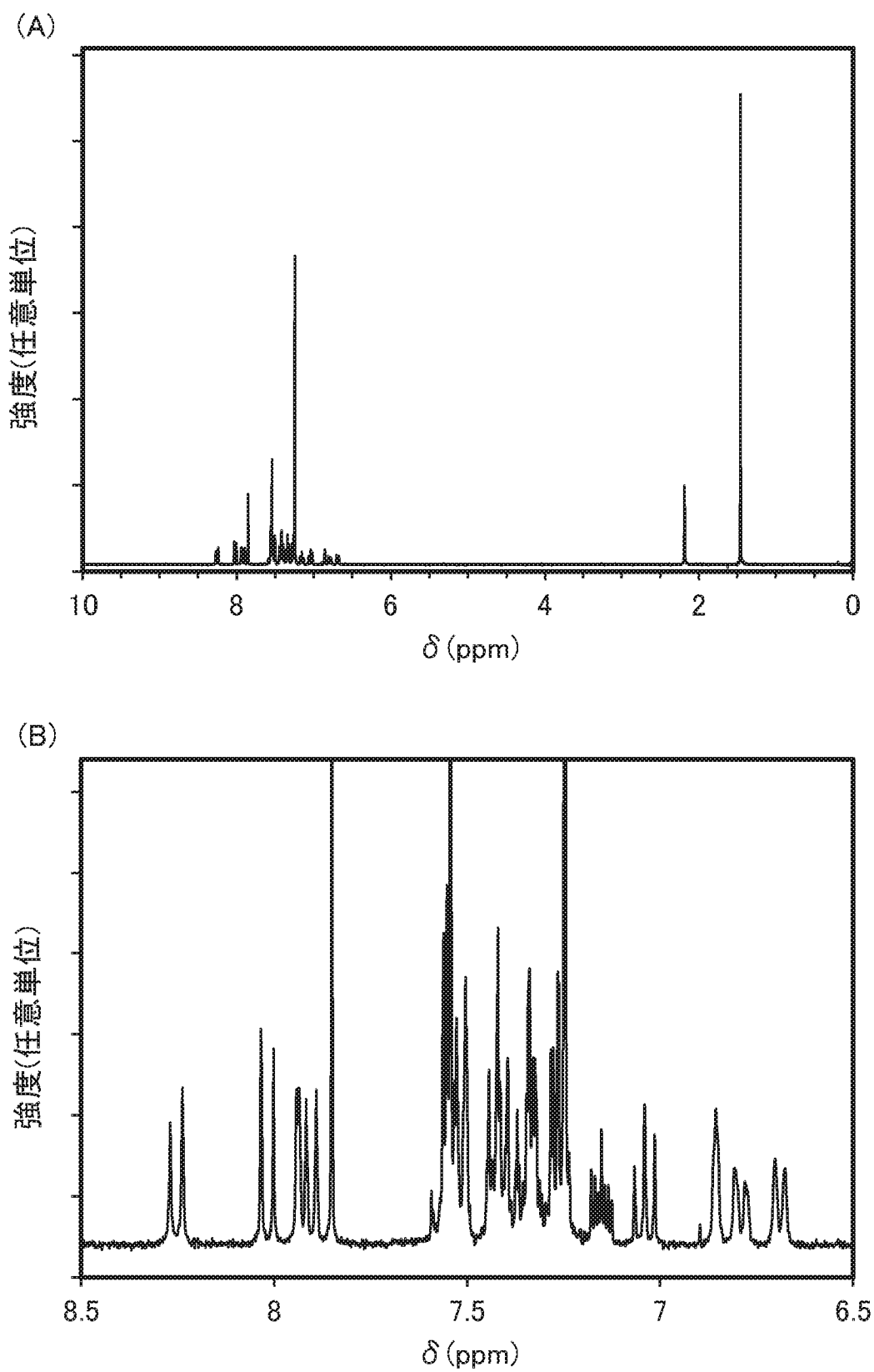


[図 8]



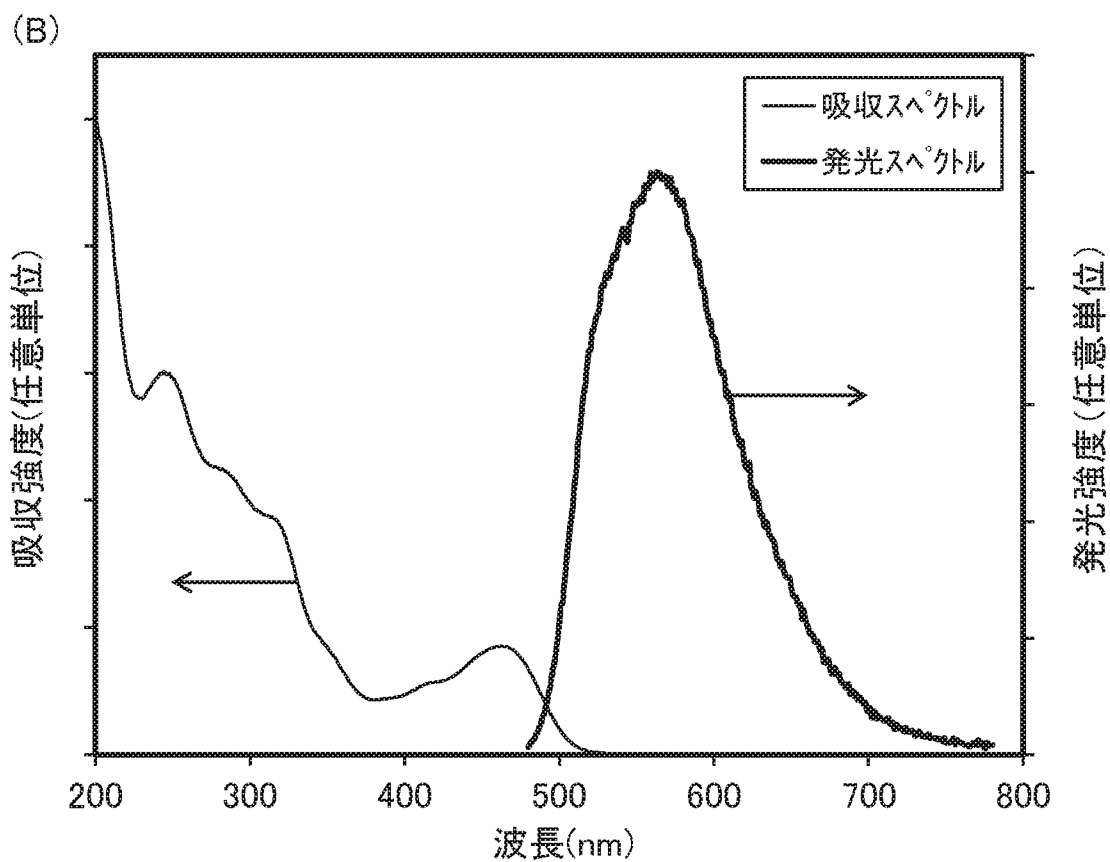
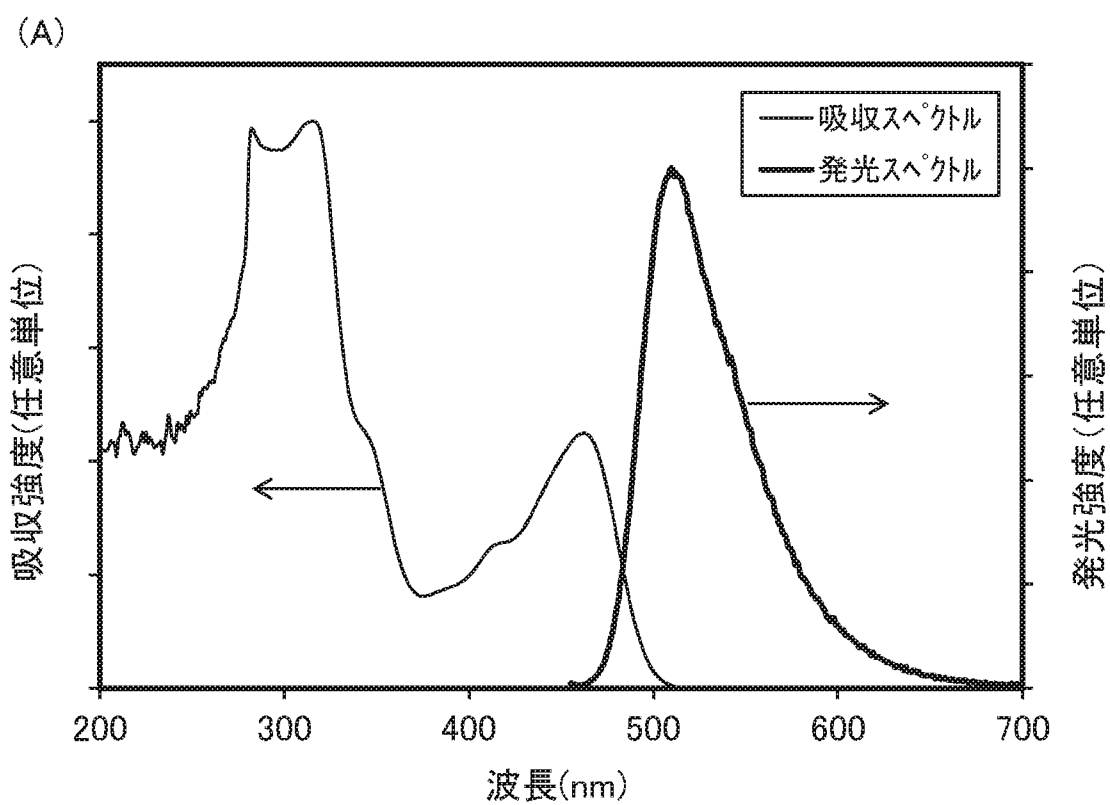
9/20

[図 9]



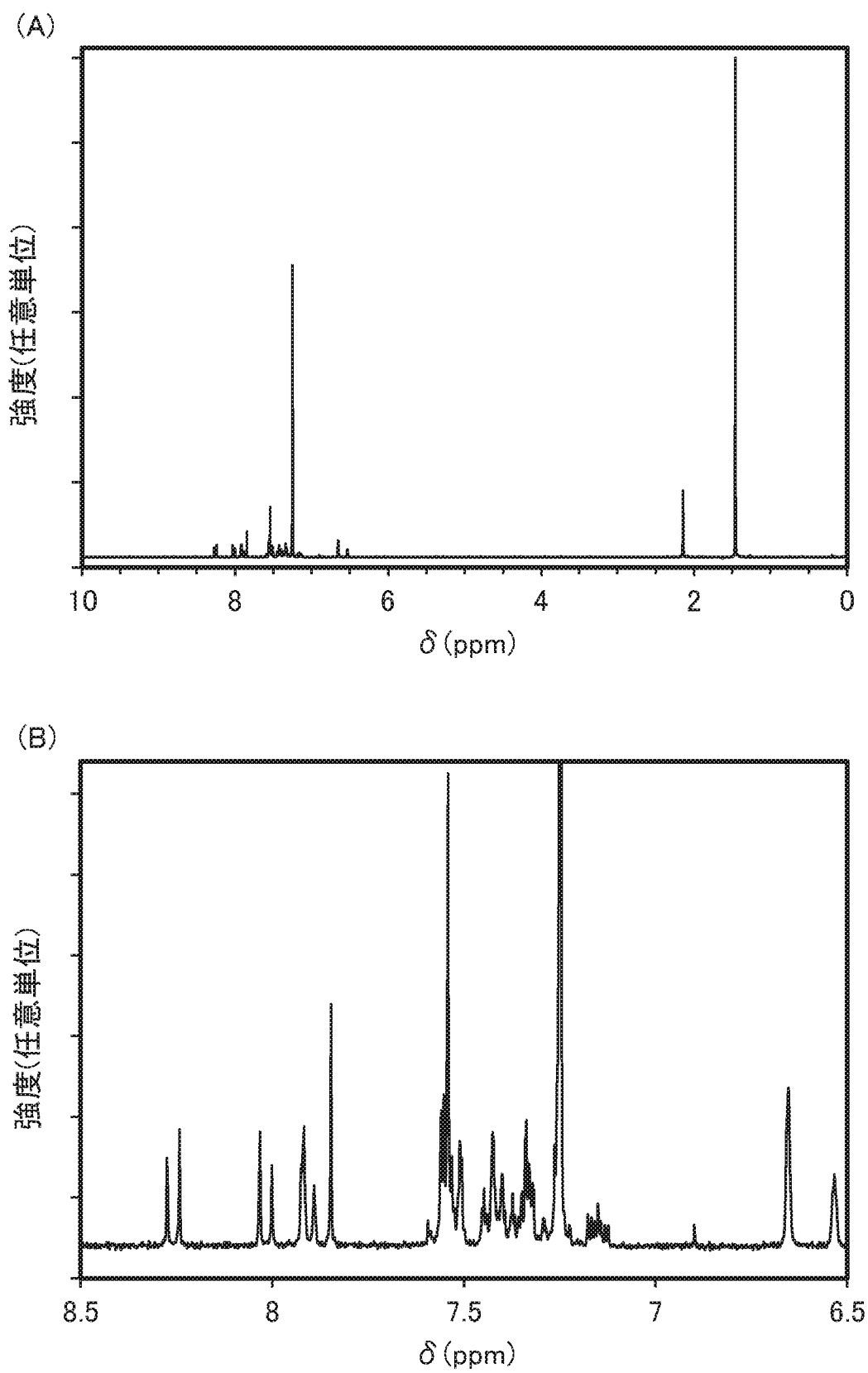
10/20

[図10]



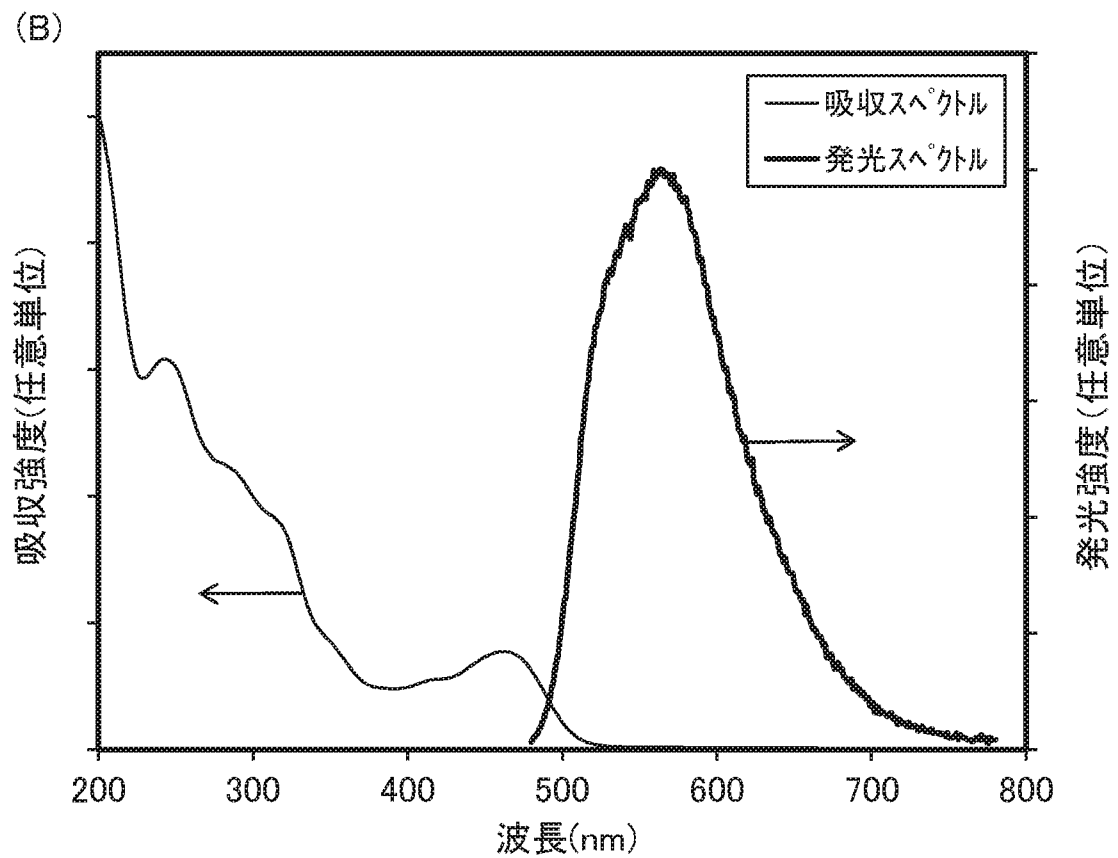
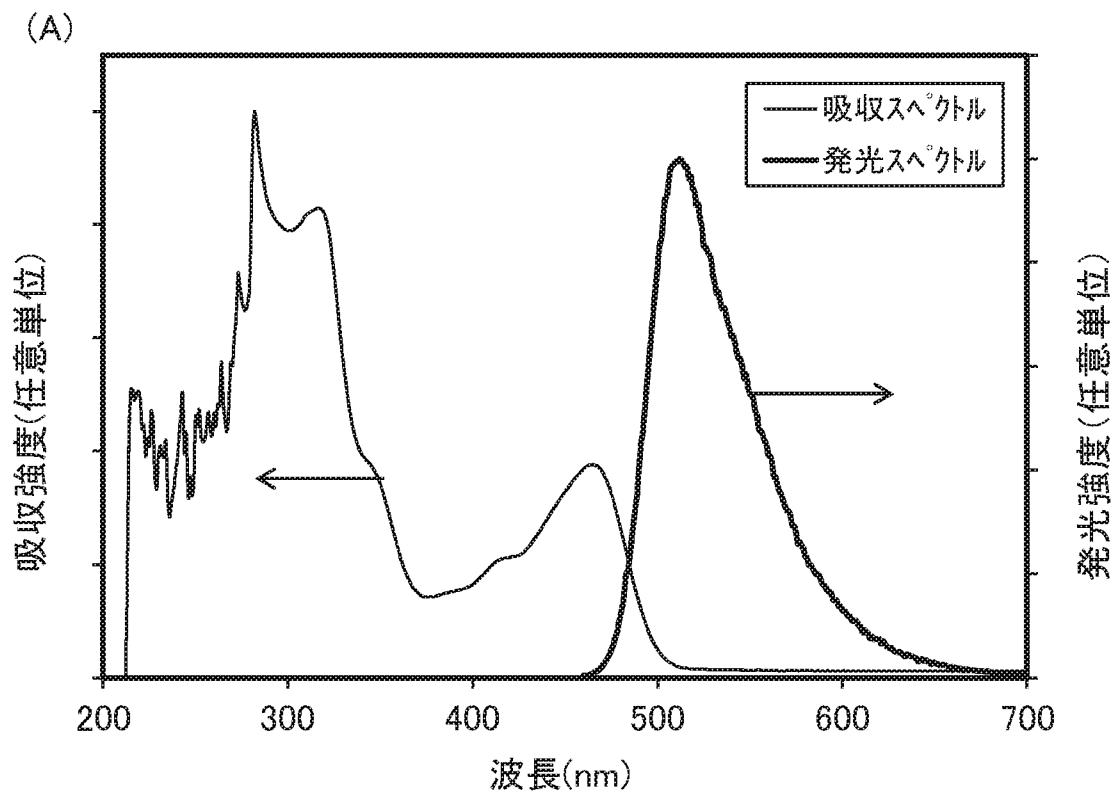
11/20

[図 11]

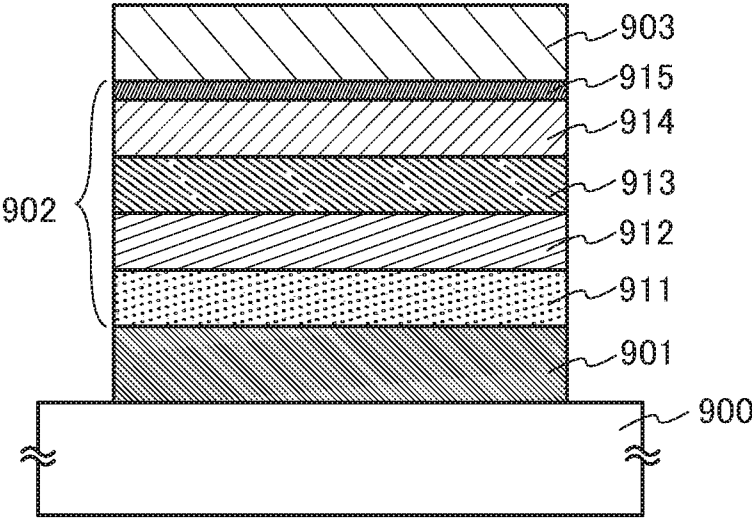


12/20

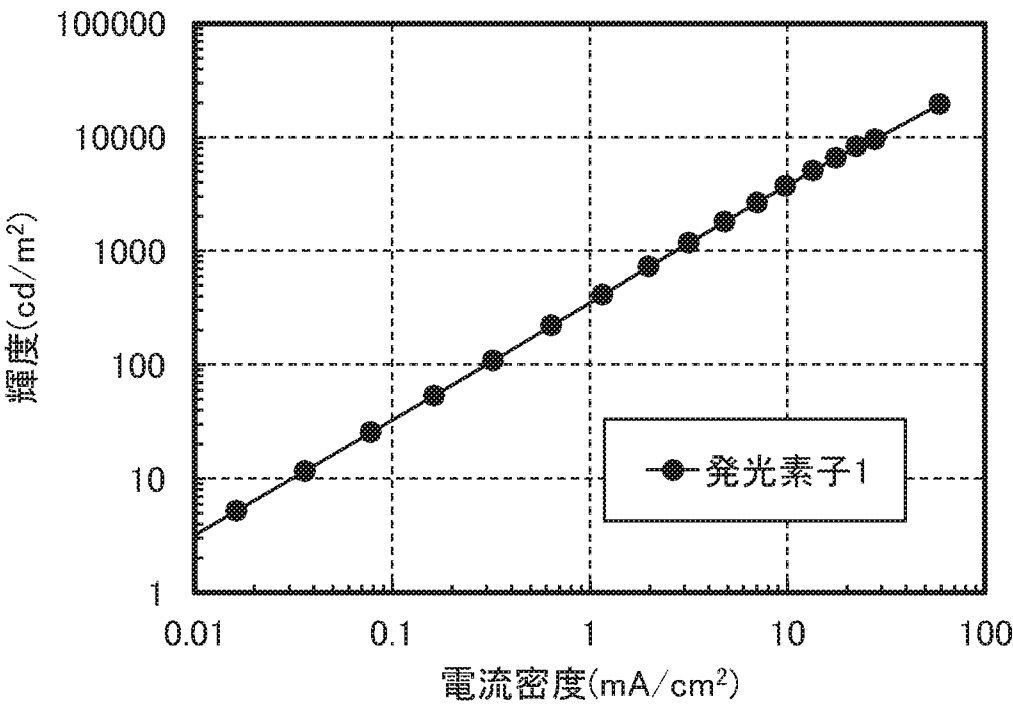
[図12]



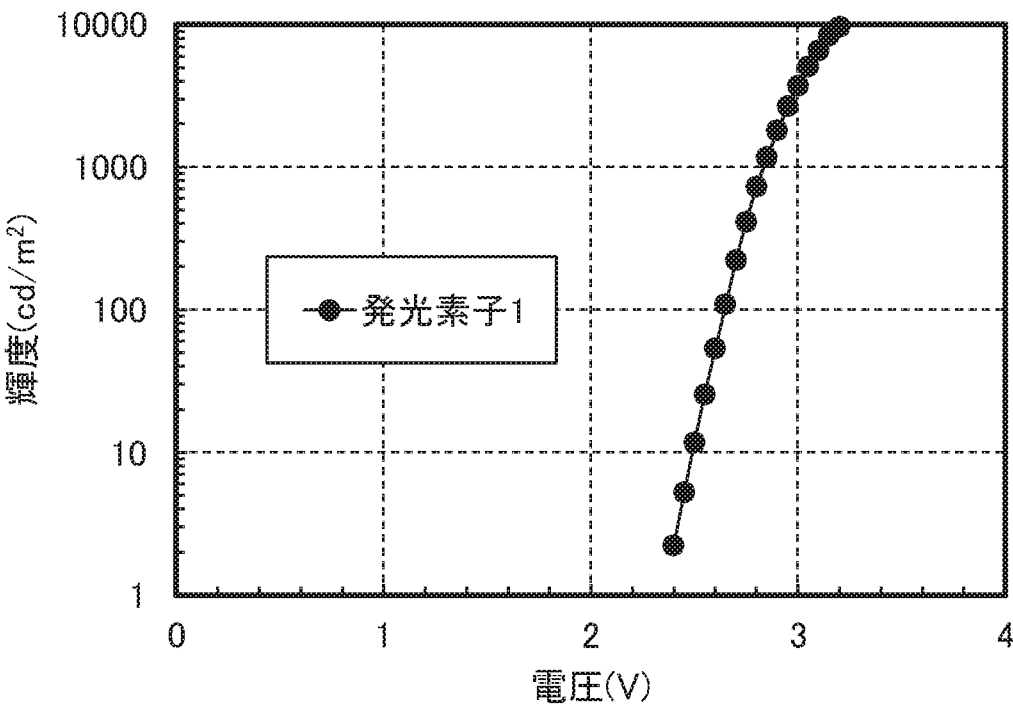
[図13]



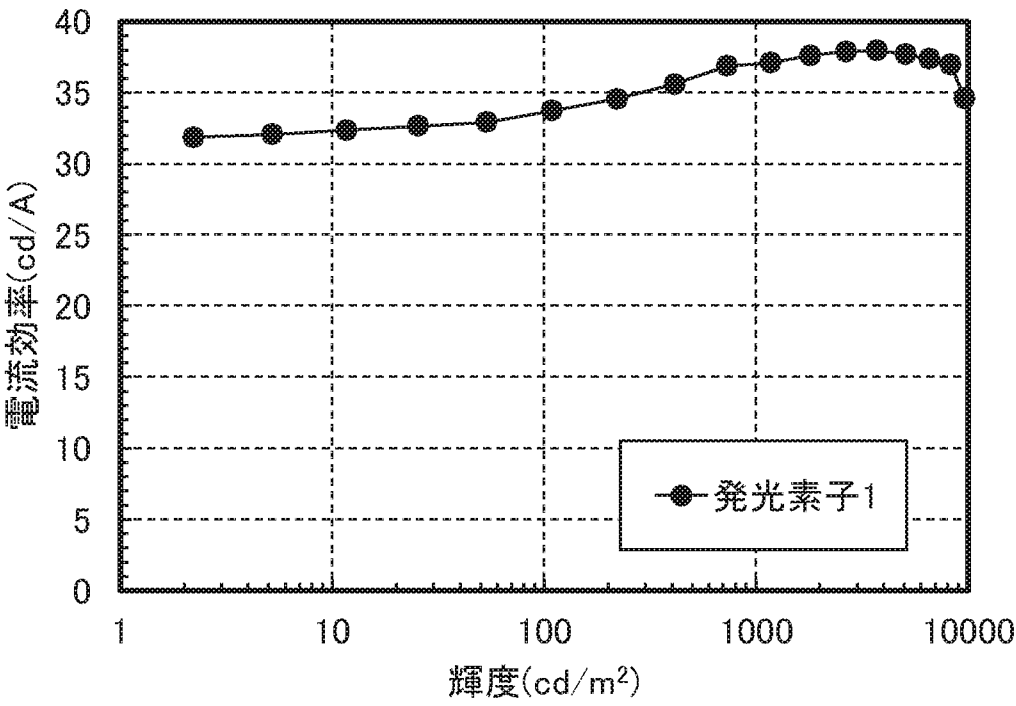
[図14]



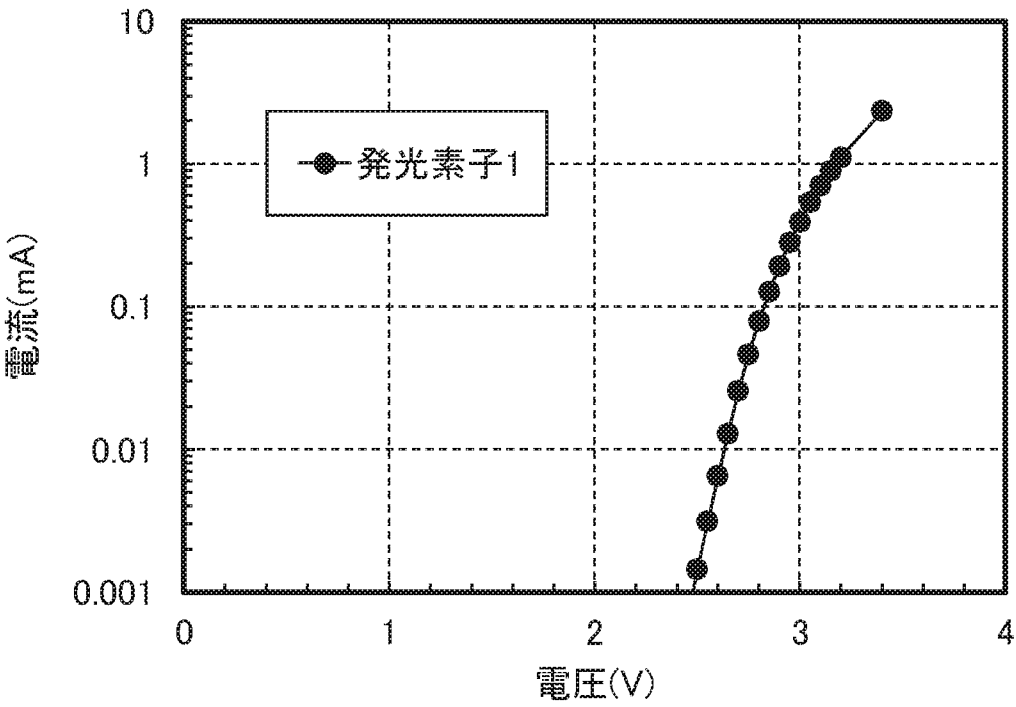
[図15]



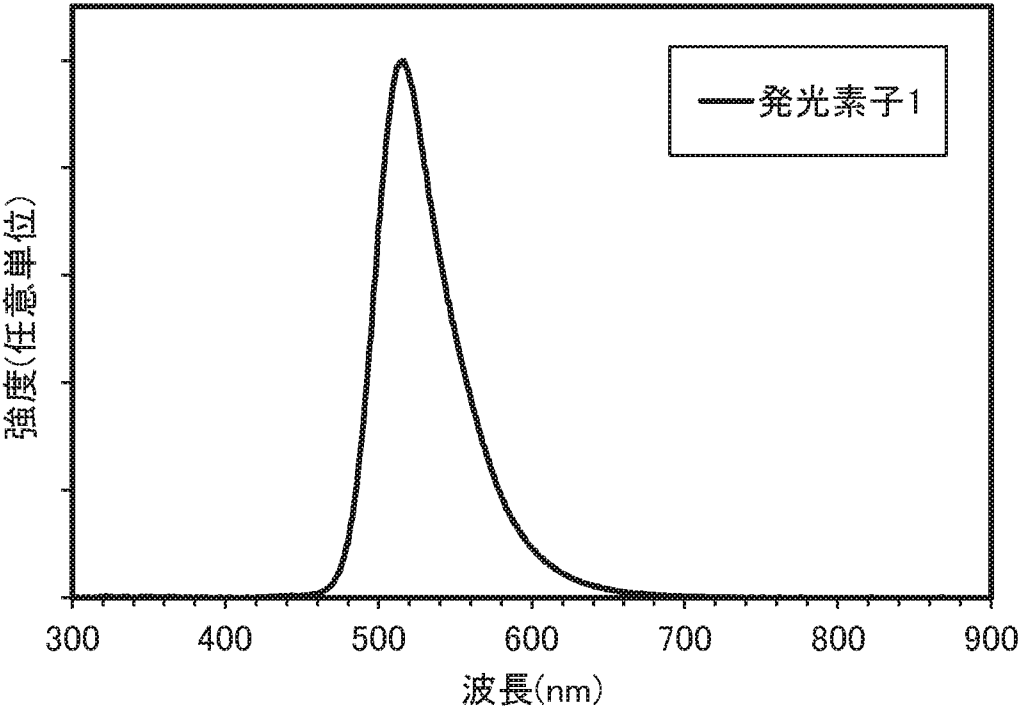
[図16]



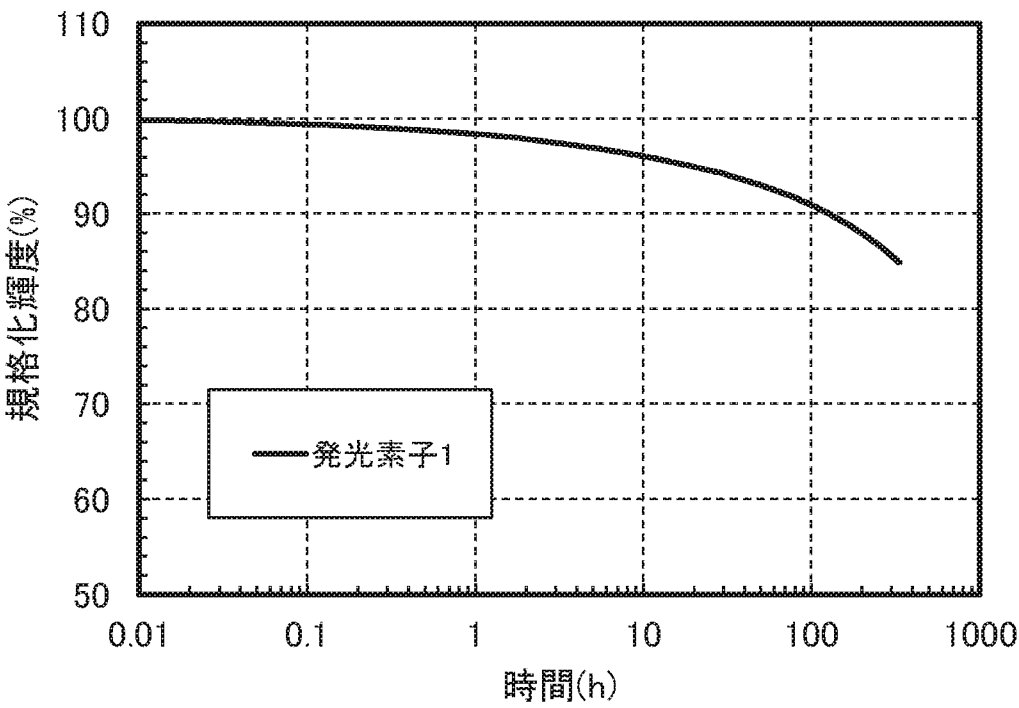
[図17]



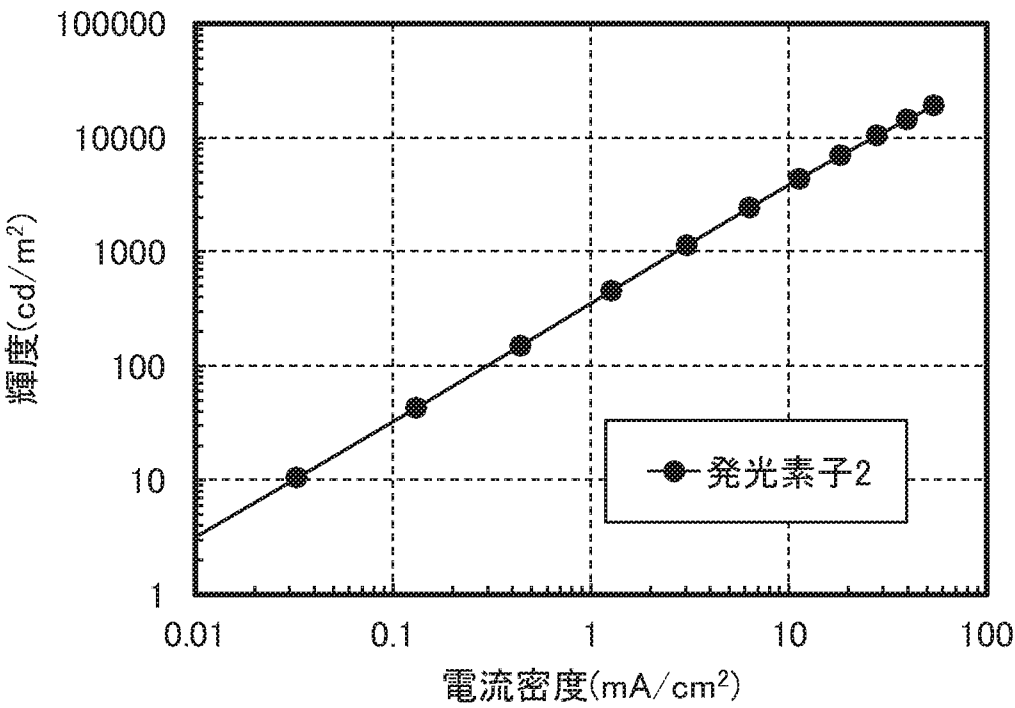
[図18]



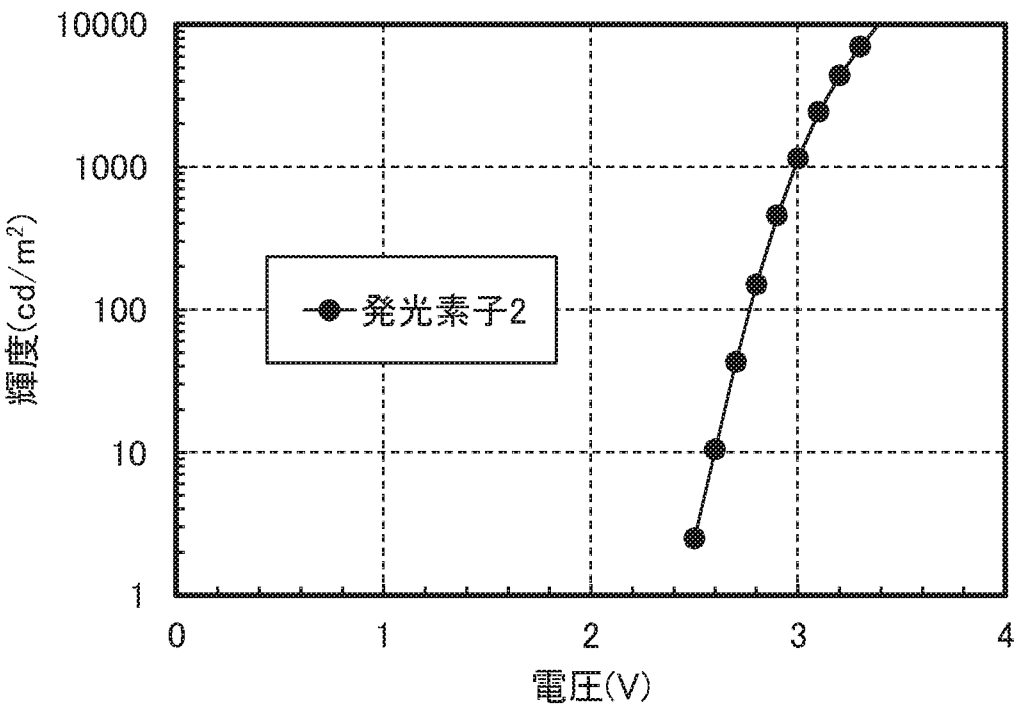
[図19]



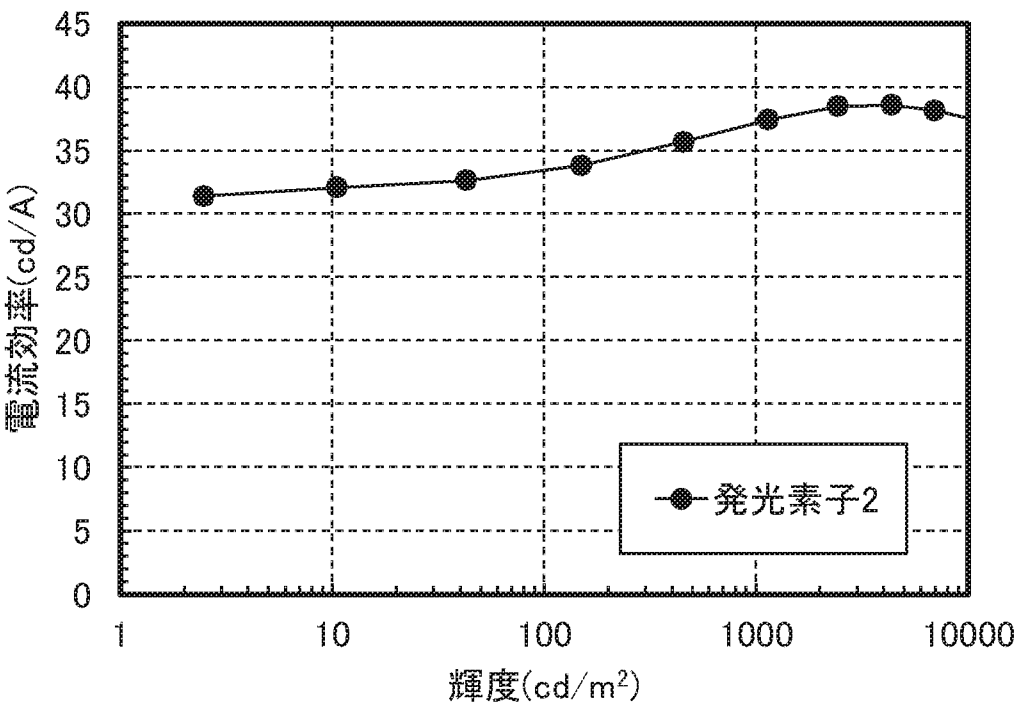
[図20]



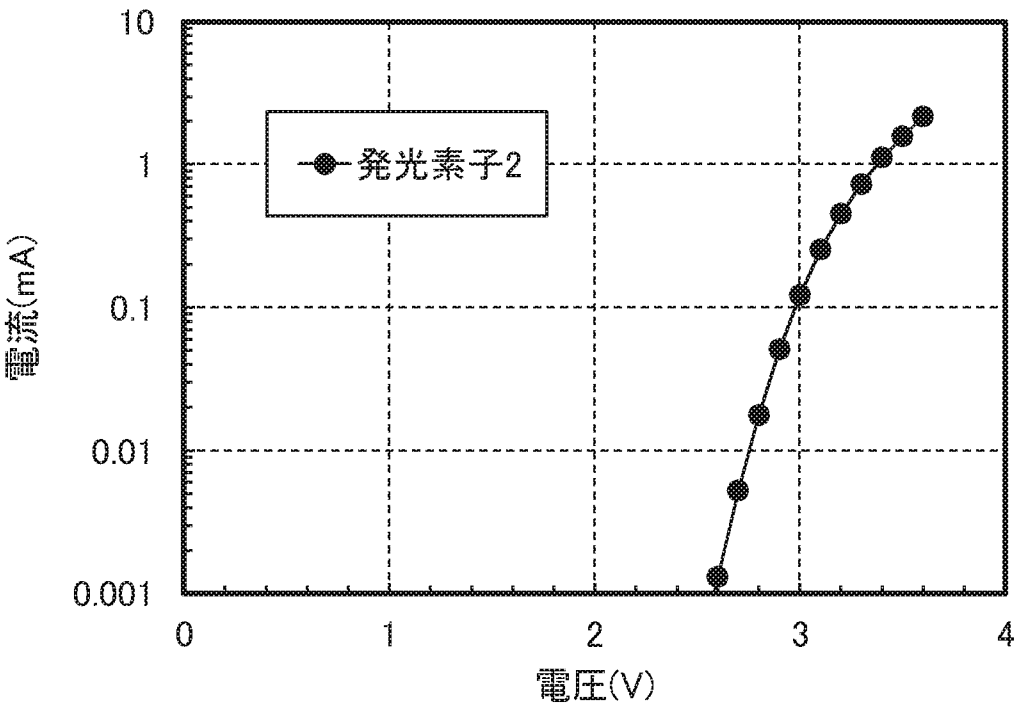
[図21]



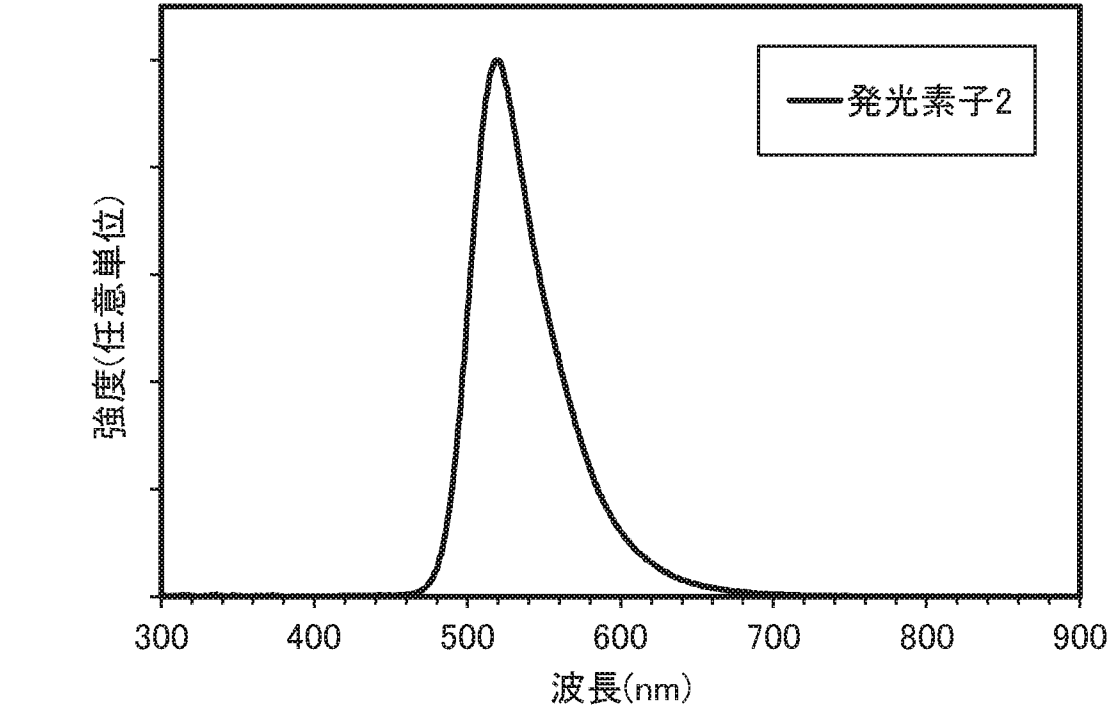
[図22]



[図23]



[図24]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IB2018/054933

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. C07D209/88 (2006.01) i, C09K11/06 (2006.01) i, G09F9/30 (2006.01) i,
H01L27/32 (2006.01) i, H01L51/50 (2006.01) i

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)

Int.Cl. C07D209/88, 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	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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

CAPLUS/REGISTRY (STN)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KR 10-2016-0059609 A (DUK SAN NEOLUX CO., LTD.) 27	1-5, 7-12
Y	May 2016, entire text (in particular, compounds 2-	1-5, 7-12
A	32, 2-34, 2-35 of claims 2, 6, paragraph [0414]) (Family: none)	6
X	WO 2016/072691 A1 (DUK SAN NEOLUX CO., LTD.) 12 May	1-5, 7-12
Y	2016, entire text (in particular, compounds 2-32,	1-5, 7-12
A	2-34, 2-35 of claims 1, 5, paragraph [0467]) & KR 10-2016-0053561 A	6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.	☐ See patent family annex.
--	---

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 22 August 2018 (22.08.2018)	Date of mailing of the international search report 04 September 2018 (04.09.2018)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IB2018/054933

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	KR 10-2014-0142923 A (DUKSAN HI-METAL CO., LTD.) 15 December 2014, entire text (in particular, compounds P-33, P-35, P-36 of claim 4, paragraphs [0195], [0204]) (Family: none)	1-5, 7-12 1-5, 7-12 6
Y A	JP 2013-102146 A (SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY CO., LTD.) 23 May 2013, entire text (in particular, claim 14, examples 1, 2) & US 2013/0087773 A1, claim 23, examples 1, 2 & KR 10-2013-0039298 A	1-5, 7-12 6
Y A	KR 10-2011-0070180 A (LG DISPLAY CO., LTD.) 24 June 2011, entire text (in particular, claims 1, 6, paragraph [0085]) (Family: none)	1-5, 7-12 6
Y A	KR 10-2011-0002155 A (LG CHEM, LTD.) 07 January 2011, entire text (in particular, compounds 1-2-16, 1-2-24 to 1-2-27, 1-2-29, 1-2-30 of claim 6, paragraph [0144]) (Family: none)	1-5, 7-12 6
Y A	WO 2010/013675 A1 (IDEMITSU KOSAN CO., LTD.) 04 February 2010, entire text (in particular, claim 1, paragraphs [0028]-[0030], synthesis examples 1, 2, paragraphs [0114], [0118]) & TW 201012898 A	1-5, 7-12 6
Y A	WO 2010/013676 A1 (IDEMITSU KOSAN CO., LTD.) 04 February 2010, entire text (in particular, claim 1, paragraph [0028], synthesis examples 1-3, paragraphs [0112], [0117]) & US 2011/0156016 A1, claim 1, synthesis examples 1-3, paragraphs [0197], [0201]) & KR 10-2011-0043625 A	1-5, 7-12 6
Y A	WO 2010/016405 A1 (IDEMITSU KOSAN CO., LTD.) 11 February 2010, entire text (in particular, claim 7, paragraph [0041], synthesis examples 1-9, paragraphs [0176], [0198], [0201]) (Family: none)	1-5, 7-12 6
Y A	WO 2010/122810 A1 (IDEMITSU KOSAN CO., LTD.) 28 October 2010, entire text (in particular, claims 1, 2, compounds D-90, D-94, D-95 of paragraph [0039], production example 16, examples 70, 71, 87, 103) & US 2012/0112169 A1, claims 1, 2, compounds no. D-90, D-94, D-95, production example 16, examples 70, 71, 87, 103 & EP 2423206 A1 & KR 10-2011-0071127 A & CN 102232068 A & KR 10-2012-0003968 A	1-5, 7-12 6
Y A	WO 2009/107596 A1 (IDEMITSU KOSAN CO., LTD.) 03 September 2009, entire text (in particular, claim 1, paragraphs [0070], [0141], [0147]) (Family: none)	1-5, 7-12 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IB2018/054933

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2005-302667 A (IDEMITSU KOSAN CO., LTD.) 27 October 2005, entire text (in particular, compounds (A)-9, (A)-10, example 1) & US 2007/0202354 A1, compounds no. (A)-9, (A)-10, example 1 & WO 2005/101913 A1 & EP 1737277 A1 & KR 10-2007-0004843 A & CN 1943278 A	1-5, 7-12 6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. C07D209/88(2006.01)i, C09K11/06(2006.01)i, G09F9/30(2006.01)i, H01L27/32(2006.01)i, H01L51/50(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. C07D209/88, C09K11/06, G09F9/30, H01L27/32, H01L51/50

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

CAPLUS/REGISTRY (STN)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	KR 10-2016-0059609 A (DUK SAN NEOLUX CO., LTD.) 2016.05.27, 全文 (特に、請求項 2、請求項 6 の化合物 2-32, 2-34, 2-35)、段落 0 414) (ファミリーなし)	1-5, 7-12 1-5, 7-12 6
X Y A	WO 2016/072691 A1 (DUK SAN NEOLUX CO., LTD.) 2016.05.12, 全 文 (特に、請求項 1、請求項 5 の化合物 2-32, 2-34, 2-35、段落 467) & KR 10-2016-0053561 A	1-5, 7-12 1-5, 7-12 6

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

22.08.2018

国際調査報告の発送日

04.09.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

三木 寛

4P

4151

電話番号 03-3581-1101 内線 3492

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	KR 10-2014-0142923 A (DUKSAN HI-METAL CO., LTD.) 2014. 12. 15, 全文 (特に、請求項 1、請求項 4 の化合物 P-33, P-35, P-36、段落 0 195, 0204) (ファミリーなし)	1-5, 7-12 1-5, 7-12 6
Y A	JP 2013-102146 A (株式会社半導体エネルギー研究所) 2013. 05. 2 3, 全文 (特に、請求項 14、実施例 1、実施例 2) & US 2013/008 7773 A1, Claim23, Example1, Example2 & KR 10-2013-0039298 A	1-5, 7-12 6
Y A	KR 10-2011-0070180 A (LG DISPLAY CO., LTD.) 2011. 06. 24, 全文 (特に、請求項 1、請求項 6、段落 0085) (ファミリーなし)	1-5, 7-12 6
Y A	KR 10-2011-0002155 A (LG CHEM, LTD.) 2011. 01. 07, 全文 (特に、 請求項 1、請求項 6 の化合物 1-2-16, 1-2-24~1-2-27, 1-2-29, 1-2-3 0、段落 0144) (ファミリーなし)	1-5, 7-12 6
Y A	WO 2010/013675 A1 (出光興産株式会社) 2010. 02. 04, 全文 (特に、 請求項 1、段落 0028-0030、合成例 1、合成例 2、段落 0114, 0118) & TW 201012898 A	1-5, 7-12 6
Y A	WO 2010/013676 A1 (出光興産株式会社) 2010. 02. 04, 全文 (特に、 請求項 1、段落 0028、合成例 1~3、段落 0112, 0117 & US 2011/01 56016 A1, Claim1, Synthesis Example1-3, Paragraph0197, Parag raph0201 & KR 10-2011-0043625 A	1-5, 7-12 6
Y A	WO 2010/016405 A1 (出光興産株式会社) 2010. 02. 11, 全文 (特に、 請求項 7、段落 0041、合成実施例 1~9、段落 0176, 0198, 0201) (フ ァミリーなし)	1-5, 7-12 6
Y A	WO 2010/122810 A1 (出光興産株式会社) 2010. 10. 28, 全文 (特に、 請求項 1, 2、段落 0039 の化合物 D-90, D-94, D-95、製造例 16、実 施例 70, 71, 87, 103) & US 2012/0112169 A1, Claim1, 2, Compound No. D-90, D-94, D-95, Production Example16, Example70, 71, 87, 103 & EP 2423206 A1 & KR 10-2011-0071127 A & CN 102232068 A & K R 10-2012-0003968 A	1-5, 7-12 6
Y A	WO 2009/107596 A1 (出光興産株式会社) 2009. 09. 03, 全文 (特に、 請求項 1、段落 0070, 0141, 0147) (ファミリーなし)	1-5, 7-12 6

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2005-302667 A (出光興産株式会社) 2005.10.27, 全文 (特に、段落 0021 の化合物 (A)-9, (A)-10、実施例 1) & US 2007/0202354 A 1, Compound No. (A)-9, (A)-10, Example 1 & WO 2005/101913 A1 & EP 1737277 A1 & KR 10-2007-0004843 A & CN 1943278 A	1-5, 7-12 6