

(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12月5日(05.12.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/229591 A1

(51) 国際特許分類:

C07C 15/38 (2006.01) H05B 33/12 (2006.01)  
F21S 2/00 (2016.01) F21Y 115/15 (2016.01)  
H01L 51/50 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/IB2019/054218

(22) 国際出願日: 2019年5月22日(22.05.2019)

(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 2018-104950 2018年5月31日(31.05.2018) JP  
特願 2018-154845 2018年8月21日(21.08.2018) 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 3 9 8 Kanagawa (JP).

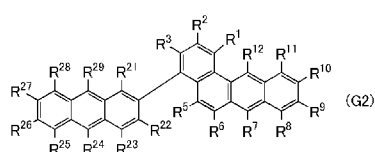
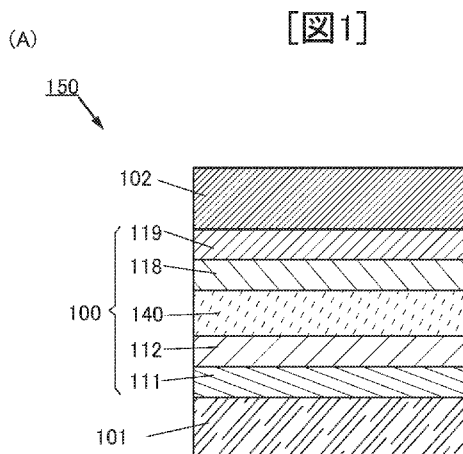
(72) 発明者: 門 間 裕 史 (KADOMA, Hiroshi);  
〒2430036 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 株式会社  
半導体エネルギー研究所内 Kanagawa (JP). 瀬

尾哲史(SEO, Satoshi); 〒2430036 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). 鈴木宏記(SUZUKI, Hiroki).  
橋本直明(HASHIMOTO, Naoaki); 〒2430036 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). 鈴木  
恒徳(SUZUKI, Tsunenori); 〒2430036 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,

(54) Title: ORGANIC COMPOUND, LIGHT EMITTING ELEMENT, LIGHT EMITTING DEVICE, ELECTRONIC APPARATUS, AND LIGHTING 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



(57) Abstract: Provided is a novel compound. Also provided is a light emitting element with good light emission efficiency and element longevity. The organic compound represented by general formula (G2), in which a benz[a]anthracene skeleton is bonded to the 2-position of an anthracene skeleton. In general formula (G2), each of R1-R3, R5-R12, and R21-R29 independently represents hydrogen, a C1-6 alkyl group, a C3-6 cycloalkyl group, or a C6-13 substituted or unsubstituted aryl group that forms a ring. One aspect of the present invention is a light emitting element that has said compound.

(57) 要約: 新規の化合物を提供する。また、発光効率、素子寿命が良好な発光素子を提供する。アントラセン骨格の2位にベンゾ [a] アントラセン骨格が結合した一般式 (G 2) で表される有機化合物である。一般式 (G 2) 中、R 1 乃至 R 3、R 5 乃至 R 1 2 及び R 2 1 乃至 R 2 9 はそれぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、炭素数 3 乃至 6 のシクロアルキル基または、環を形成する炭素数が 6 乃至 1 3 の置換もしくは無置換のアリール基のいずれか一を表す。また、本発明の一態様は当該化合物を有する発光素子である。

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))

## 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、新規な有機化合物に関する。特にベンゾ [a] アントラセン骨格及びアントラセン骨格を有する有機化合物に関する。または、該有機化合物を含む発光素子、発光装置、電子機器、および照明装置に関する。

[0002]

なお、本発明の一態様は、上記の技術分野に限定されない。本発明の一態様は物、方法、または、製造方法に関する。特に、本発明の一態様は、有機化合物、発光素子、発光装置、照明装置、それらの製造方法に関する。また、本発明の一態様は、ベンゾ [a] アントラセン骨格及びアントラセン骨格を有する有機化合物の新規な合成方法に関する。そのため、より具体的に本明細書で開示する本発明の一態様としては、該有機化合物を含む発光素子、発光装置、表示装置、電子機器、及び照明装置の製造方法、を一例として挙げることができる。

## 背景技術

[0003]

有機化合物を用いたエレクトロルミネッセンス (EL: Electroluminescence) を利用する発光素子 (有機EL素子) の実用化が進んでいる。これら発光素子の基本的な構成は、一対の電極間に発光材料を含む有機化合物層 (EL層) を挟んだものである。この素子に電圧を印加して、キャリアを注入し、当該キャリアの再結合エネルギーを利用することにより、発光材料からの発光を得ることができる。

[0004]

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

[0005]

また、これらの発光素子は発光層を二次元に連続して形成することが可能であるため、面状に発光を得ることができる。これは、白熱電球やLEDに代表される点光源、あるいは蛍光灯に代表される線光源では得難い特色である。また、有機化合物からの発光は材料を選択することにより紫外光を含まない発光とできることから、照明等に応用できる面光源としての利用価値も高い。

[0006]

このように有機EL素子を用いたディスプレイや照明装置はさまざまな電子機器に好適であるため、より良好な効率、素子寿命を有する発光素子を求めて研究開発が進められている。上述のディスプレイや照明装置には白色光が求められるため、赤 (R)、緑 (G)、青 (B) の3色が混合される。ここで、現状の青色燐光材料は色純度や信頼性が不十分であるため、青色には蛍光材料が用いられる。そのため、色純度が高く、信頼性、発光効率が良好な青色蛍光材料の開発が盛んに行われている (例えば、特許文献1、特許文献2)。

[0007]

また、蛍光発光素子の高効率化には、三重項励起子を利用する方法が挙げられる。例えば、三重項－三重項消滅（TTA: triplet-triplet annihilation）を利用した高効率な蛍光発光素子が報告されている。

[先行技術文献]

[特許文献]

[0008]

[特許文献1] 特開2012-77069号公報

[特許文献2] 特開2002-193952号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009]

電子機器や照明装置の高性能化の要求により、発光素子には様々な特性が求められており、特に色純度の高い青蛍光材料が望まれている。また、発光素子に用いられる材料には発光効率及び信頼性が良好であることが求められる。

[0010]

蛍光発光素子の高効率化には上述のようにTTAを利用した方法が挙げられる。TTAを利用する場合、発光層に生成した三重項励起子を一重項励起子に変換する必要がある。そのため、三重項励起子を一重項励起子に効率良く変換することができる材料が求められている。

[0011]

そこで、本発明の一態様では、新規な有機化合物を提供することを課題とする。または、本発明の一態様では、新規なベンゾ[a]アントラセン骨格を有する有機化合物を提供することを課題とする。または、本発明の一態様では、発光効率の良好な発光素子を提供することを課題とする。または、本発明の一態様では、寿命の良好な発光素子を提供することを課題とする。本発明の一態様では、色純度が良好な発光素子を提供することを課題とする。または、本発明の一態様では、駆動電圧が低い発光素子を提供することを課題とする。または、本発明の一態様では、遅延蛍光割合が大きい発光素子を提供することを課題とする。

[0012]

または、本発明の他の一態様では、信頼性の高い発光素子、発光装置及び電子機器を各々提供することを課題とする。または、本発明の他の一態様では、消費電力の小さい発光素子、発光装置及び電子機器を各々提供することを課題とする。

[0013]

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

[0014]

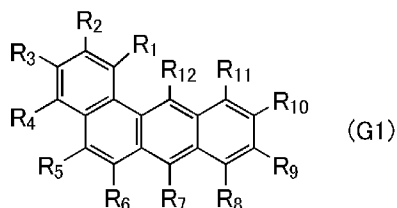
本発明の一態様は、置換または無置換のベンゾ[a]アントラセン骨格と置換または無置換のアントラセン骨格を有し、該ベンゾ[a]アントラセン骨格が該アントラセン骨格の2位で結合する有機化合物である。

[0015]

また、本発明の別の態様は、下記一般式（G1）で表される有機化合物である。

[0016]

[化1]

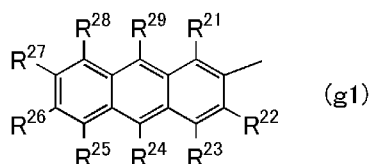


[0017]

一般式（G1）中、R<sup>1</sup>乃至R<sup>12</sup>のいずれか一は、下記一般式（g1）で表される置換基であり、その他のR<sup>1</sup>乃至R<sup>12</sup>はそれぞれ独立に、水素、炭素数1乃至6のアルキル基、炭素数3乃至6のシクロアルキル基または、環を形成する炭素数が6乃至13の置換もしくは無置換のアリール基のいずれか一を表す。

[0018]

[化2]



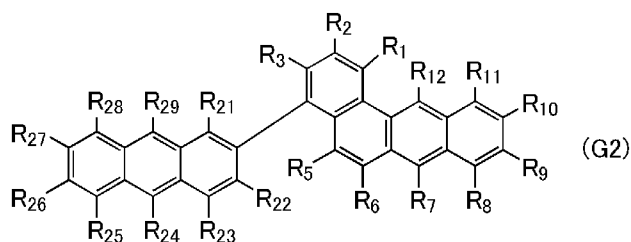
一般式（g1）中、R<sup>21</sup>乃至R<sup>29</sup>は、それぞれ独立に、水素、炭素数1乃至6のアルキル基、炭素数3乃至6のシクロアルキル基または、環を形成する炭素数が6乃至13の置換もしくは無置換のアリール基のいずれか一を表す。

[0019]

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。

[0020]

[化3]



[0021]

一般式（G2）中、R<sup>1</sup>乃至R<sup>3</sup>、R<sup>5</sup>乃至R<sup>12</sup>及びR<sup>21</sup>乃至R<sup>29</sup>はそれぞれ独立に、水素、炭素数1乃至6のアルキル基、炭素数3乃至6のシクロアルキル基または、環を形成する炭素数が6乃至13の置換もしくは無置換のアリール基のいずれか一を表す。

[0022]

アントラセン骨格の2位とベンゾ[a]アントラセン骨格の4位で該骨格同士が結合されると好まし

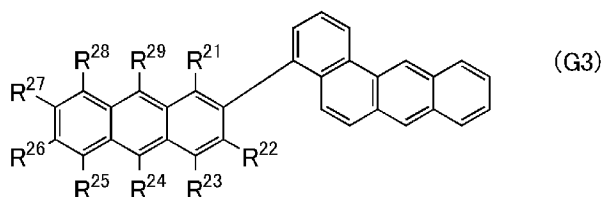
い。該構成とすることで、信頼性が良好な有機化合物を得ることができる。

[0023]

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。

[0024]

[化4]



[0025]

上記構成において、一般式（G1）乃至一般式（G3）中、 $R^{24}$ 及び $R^{29}$ は、それぞれ独立に炭素数6乃至13の置換もしくは無置換のアリール基であると好ましく、さらに好ましくは置換または無置換のフェニル基または置換または無置換のナフチル基である。

[0026]

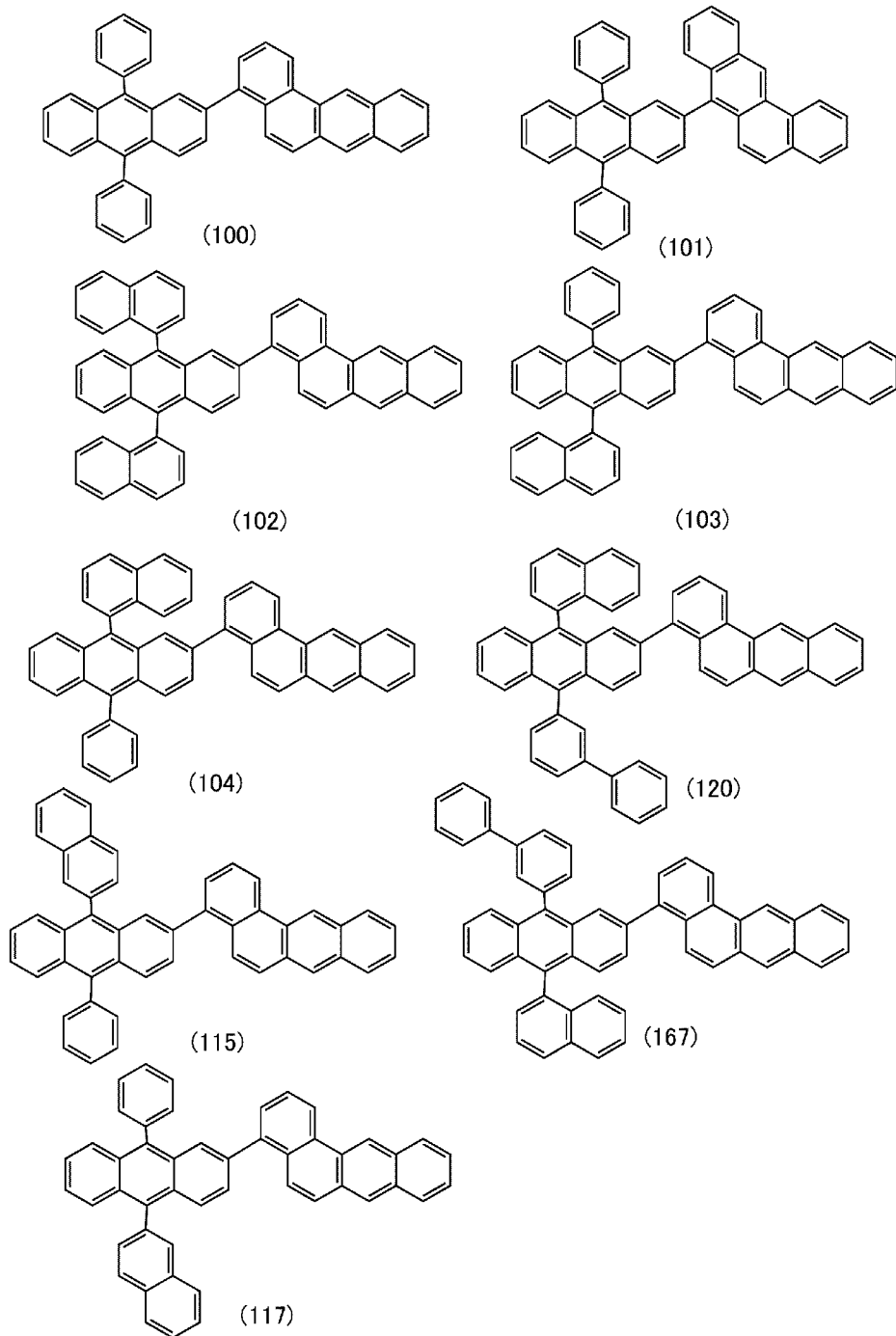
上記構成において、一般式（G1）乃至一般式（G3）中、 $R^{24}$ は置換若しくは無置換のフェニル基であり、 $R^{29}$ は置換若しくは無置換のナフチル基であると好ましい。

[0027]

また、本発明の別の態様は、下記構造式（100）乃至（104）、（115）、（120）、（167）及び（117）のいずれか一で表される有機化合物である。

[0028]

[化 5]



[0029]

また、本発明の別の態様は、一対の電極間にEL層を有し、該EL層に上記各構成に記載の有機化合物を含む発光素子である。該有機化合物はEL層中の発光層に含まれると好ましい。

[0030]

なお、上記各構成における発光素子は、陽極と、陰極と、の間にEL層を有する。また、EL層は、少なくとも発光層を有すると好ましい。さらにEL層は、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、電子注入層や他の機能層を含んでも良い。

[0031]

また、本発明の他の態様は、上記各構成の発光素子と、カラーフィルタまたはトランジスタの少

なくとも一と、を有する表示装置である。また、本発明の他の一態様は、当該表示装置と、筐体またはタッチセンサの少なくとも一と、を有する電子機器である。また、本発明の他の一態様は、上記各構成の発光素子と、筐体またはタッチセンサの少なくとも一と、を有する照明装置である。また、本発明の一態様は、発光素子を有する発光装置だけでなく、発光装置を有する電子機器も範疇に含める。従って、本明細書中における発光装置とは、画像表示デバイス、もしくは光源（照明装置含む）を指す。また、発光素子にコネクタ、例えばFPC（Flexible Printed Circuit）、TCP（Tape Carrier Package）が取り付けられた表示モジュール、TCPの先にプリント配線板が設けられた表示モジュール、または発光素子にCOG（Chip On Glass）方式によりIC（集積回路）が直接実装された表示モジュールも本発明の一態様である。

#### 発明の効果

##### [0032]

本発明の一態様によって、新規な有機化合物を提供することができる。または、本発明の一態様によって、新規なベンゾ[a]アントラセン骨格を有する有機化合物を提供することができる。または、本発明の一態様によって、発光効率の良好な発光素子を提供することができる。または、本発明の一態様によって、寿命の良好な発光素子を提供することができる。本発明の一態様によって、色純度が良好な発光素子を提供することができる。または、本発明の一態様によって、駆動電圧が低い発光素子を提供することができる。または、本発明の一態様によって、遅延蛍光割合が大きい発光素子を提供することができる。

##### [0033]

または、本発明の他の一態様によって、信頼性の高い発光素子、発光装置及び電子機器を各々提供することができる。または、本発明の他の一態様によって、消費電力の小さい発光素子、発光装置及び電子機器を各々提供することができる。

##### [0034]

なお、これらの効果の記載は、他の効果の存在を妨げない。なお、本発明の一態様は、必ずしも、これらの効果の全てを有する必要はない。なお、これら以外の効果は、明細書、図面、請求項などの記載から、自ずと明らかであり、明細書、図面、請求項などの記載から、これら以外の効果を抽出することが可能である。

#### 図面の簡単な説明

##### [0035]

[図1] (A) (B) 本発明の一態様に係る、発光素子の概略図。(C) 本発明の一態様の発光素子のエネルギー準位の相関を説明する図。

[図2] (A) (B) 本発明の一態様に係る、発光素子の概略図。(C) 本発明の一態様の発光素子のエネルギー準位の相関を説明する図。

[図3] 本発明の一態様に係る、発光素子の概略図。

[図4] (A) (B) 本発明の一態様に係る、アクティブマトリクス型発光装置の概念図。

[図5] (A) (B) 本発明の一態様に係る、アクティブマトリクス型発光装置の概念図。

[図6] 本発明の一態様に係る、アクティブマトリクス型発光装置の概念図。

[図7] (A) 乃至 (D) 本発明の一態様に係る、電子機器を表す図。

[図8] (A) 乃至 (E) 本発明の一態様に係る、電子機器を表す図。

- [図 9] (A) 乃至 (C) 本発明の一態様に係る、電子機器を表す図。
- [図 10] (A) (B) 本発明の一態様に係る、電子機器を表す図。
- [図 11] (A) 乃至 (C) 本発明の一態様に係る、照明装置を表す図。
- [図 12] 本発明の一態様に係る、照明装置を表す図。
- [図 13] (A) (B) 実施例に係る、化合物のNMRチャートを説明する図。
- [図 14] 実施例に係る、化合物の吸収スペクトル、及び発光スペクトルを説明する図。
- [図 15] 実施例に係る、化合物の吸収スペクトル、及び発光スペクトルを説明する図。
- [図 16] (A) (B) 実施例に係る、化合物のNMRチャートを説明する図。
- [図 17] 実施例に係る、化合物の吸収スペクトル、及び発光スペクトルを説明する図。
- [図 18] 実施例に係る、化合物の吸収スペクトル、及び発光スペクトルを説明する図。
- [図 19] (A) (B) 実施例に係る、化合物のNMRチャートを説明する図。
- [図 20] 実施例に係る、化合物の吸収スペクトル、及び発光スペクトルを説明する図。
- [図 21] 実施例に係る、化合物の吸収スペクトル、及び発光スペクトルを説明する図。
- [図 22] (A) (B) 実施例に係る、化合物のNMRチャートを説明する図。
- [図 23] 実施例に係る、化合物の吸収スペクトル、及び発光スペクトルを説明する図。
- [図 24] 実施例に係る、化合物の吸収スペクトル、及び発光スペクトルを説明する図。
- [図 25] (A) (B) 実施例に係る、化合物のNMRチャートを説明する図。
- [図 26] 実施例に係る、化合物の吸収スペクトル、及び発光スペクトルを説明する図。
- [図 27] 実施例に係る、化合物の吸収スペクトル、及び発光スペクトルを説明する図。
- [図 28] 実施例に係る、発光素子の電流効率－輝度特性を説明する図。
- [図 29] 実施例に係る、発光素子の電流密度－電圧特性を説明する図。
- [図 30] 実施例に係る、発光素子の外部量子効率－輝度特性を説明する図。
- [図 31] 実施例に係る、発光素子の発光スペクトルを説明する図。
- [図 32] 実施例に係る、発光素子の信頼性試験の結果を説明する図。
- [図 33] 実施例に係る、発光素子の電流効率－輝度特性を説明する図。
- [図 34] 実施例に係る、発光素子の電流密度－電圧特性を説明する図。
- [図 35] 実施例に係る、発光素子の外部量子効率－輝度特性を説明する図。
- [図 36] 実施例に係る、発光素子の発光スペクトルを説明する図。
- [図 37] 実施例に係る、発光素子の信頼性試験の結果を説明する図。
- [図 38] 実施例に係る、発光素子の電流効率－輝度特性を説明する図。
- [図 39] 実施例に係る、発光素子の電流密度－電圧特性を説明する図。
- [図 40] 実施例に係る、発光素子の外部量子効率－輝度特性を説明する図。
- [図 41] 実施例に係る、発光素子の発光スペクトルを説明する図。
- [図 42] 実施例に係る、発光素子の信頼性試験の結果を説明する図。
- [図 43] 実施例に係る、発光素子の電流効率－輝度特性を説明する図。
- [図 44] 実施例に係る、発光素子の電流密度－電圧特性を説明する図。
- [図 45] 実施例に係る、発光素子の外部量子効率－輝度特性を説明する図。
- [図 46] 実施例に係る、発光素子の発光スペクトルを説明する図。
- [図 47] 実施例に係る、発光素子の信頼性試験の結果を説明する図。
- [図 48] 実施例に係る、発光素子の電流効率－輝度特性を説明する図。

- [図 4 9] 実施例に係る、発光素子の電流密度－電圧特性を説明する図。
- [図 5 0] 実施例に係る、発光素子の外部量子効率－輝度特性を説明する図。
- [図 5 1] 実施例に係る、発光素子の発光スペクトルを説明する図。
- [図 5 2] 実施例に係る、発光素子の信頼性試験の結果を説明する図。
- [図 5 3] 実施例に係る、発光素子の電流効率－輝度特性を説明する図。
- [図 5 4] 実施例に係る、発光素子の電流密度－電圧特性を説明する図。
- [図 5 5] 実施例に係る、発光素子の外部量子効率－輝度特性を説明する図。
- [図 5 6] 実施例に係る、発光素子の発光スペクトルを説明する図。
- [図 5 7] 実施例に係る、発光素子の発光寿命測定結果を説明する図。
- [図 5 8] 実施例に係る、発光素子の電流効率－輝度特性を説明する図。
- [図 5 9] 実施例に係る、発光素子の電流密度－電圧特性を説明する図。
- [図 6 0] 実施例に係る、発光素子の外部量子効率－輝度特性を説明する図。
- [図 6 1] 実施例に係る、発光素子の発光スペクトルを説明する図。
- [図 6 2] 実施例に係る、発光素子の信頼性試験の結果を説明する図。
- [図 6 3] 実施例に係る、発光素子の電流効率－輝度特性を説明する図。
- [図 6 4] 実施例に係る、発光素子の電流密度－電圧特性を説明する図。
- [図 6 5] 実施例に係る、発光素子の外部量子効率－輝度特性を説明する図。
- [図 6 6] 実施例に係る、発光素子の発光スペクトルを説明する図。
- [図 6 7] (A) (B) 実施例に係る、発光素子の信頼性試験の結果を説明する図。
- [図 6 8] (A) (B) 実施例に係る、化合物のNMRチャートを説明する図。
- [図 6 9] 実施例に係る、化合物の吸収スペクトル、及び発光スペクトルを説明する図。
- [図 7 0] 実施例に係る、化合物の吸収スペクトル、及び発光スペクトルを説明する図。
- [図 7 1] (A) (B) 実施例に係る、化合物のNMRチャートを説明する図。
- [図 7 2] 実施例に係る、化合物の吸収スペクトル、及び発光スペクトルを説明する図。
- [図 7 3] 実施例に係る、化合物の吸収スペクトル、及び発光スペクトルを説明する図。
- [図 7 4] (A) (B) 実施例に係る、化合物のNMRチャートを説明する図。
- [図 7 5] 実施例に係る、化合物の吸収スペクトル、及び発光スペクトルを説明する図。
- [図 7 6] 実施例に係る、化合物の吸収スペクトル、及び発光スペクトルを説明する図。
- [図 7 7] (A) (B) 実施例に係る、化合物のNMRチャートを説明する図。
- [図 7 8] 実施例に係る、化合物の吸収スペクトル、及び発光スペクトルを説明する図。
- [図 7 9] 実施例に係る、化合物の吸収スペクトル、及び発光スペクトルを説明する図。
- [図 8 0] 実施例に係る、発光素子の電流効率－輝度特性を説明する図。
- [図 8 1] 実施例に係る、発光素子の電流密度－電圧特性を説明する図。
- [図 8 2] 実施例に係る、発光素子の外部量子効率－輝度特性を説明する図。
- [図 8 3] 実施例に係る、発光素子の発光スペクトルを説明する図。
- [図 8 4] 実施例に係る、発光素子の信頼性試験の結果を説明する図。
- [図 8 5] 実施例に係る、発光素子の信頼性試験の結果を説明する図。

発明を実施するための形態

[0036]

以下、本発明の実施の形態について説明する。ただし、本発明は多くの異なる態様で実施することが

可能であり、本発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ることは当業者であれば容易に理解される。従って、本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。

[0037]

なお、本明細書で説明する各図において、陽極、EL層、中間層、陰極などの大きさや厚さは、個々に説明の明瞭化のために誇張されている場合がある。よって、必ずしも各構成要素はその大きさに限定されず、また各構成要素間での相対的な大きさに限定されない。

[0038]

また、本明細書等において、第1、第2、第3などとして付される序数詞は、便宜上用いるものであって工程の順番や上下の位置関係などを示すものではない。そのため、例えば、「第1の」を「第2の」又は「第3の」などと適宜置き換えて説明することができる。また、本明細書等に記載されている序数詞と、本発明の一態様を特定するために用いられる序数詞は一致しない場合がある。

[0039]

また、本明細書等で説明する本発明の構成において、同一部分又は同様の機能を有する部分には同一の符号を異なる図面間で共通して用い、その繰り返しの説明は省略する。また、同様の機能を有する部分を指す場合には、ハッチパターンを同じくし、特に符号を付さない場合がある。

[0040]

なお、「膜」という言葉と、「層」という言葉とは、場合によっては、または、状況に応じて、互いに入れ替えることが可能である。例えば、「導電層」という用語を、「導電膜」という用語に変更することが可能な場合がある。または、例えば、「絶縁膜」という用語を、「絶縁層」という用語に変更することが可能な場合がある。

[0041]

(実施の形態1)

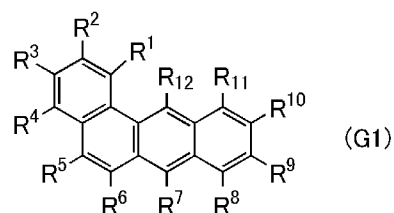
本実施の形態では、本発明の一態様の有機化合物について、以下説明する。

[0042]

本発明の一態様の有機化合物は下記一般式(G1)で表される有機化合物である。

[0043]

[化6]

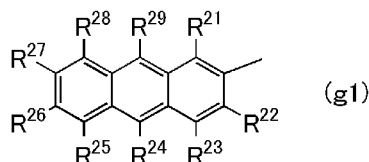


[0044]

一般式(G1)中、R<sup>1</sup>乃至R<sup>12</sup>のいずれか一は、下記一般式(g1)で表される置換基であり、その他のR<sup>1</sup>乃至R<sup>12</sup>はそれぞれ独立に、水素、炭素数1乃至6のアルキル基、炭素数3乃至6のシクロアルキル基または、環を形成する炭素数が6乃至13の置換もしくは無置換のアリール基のいずれか一を表す。

[0045]

[化 7]



[0046]

一般式 (g 1) 中、 $R^{21}$  乃至  $R^{29}$  は、それぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、炭素数 3 乃至 6 のシクロアルキル基または、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 の置換もしくは無置換のアリール基のいずれか一を表す。

[0047]

本発明の一態様に係る有機化合物は、置換または無置換のベンゾ [a] アントラセン骨格と置換または無置換のアントラセン骨格を有し、該ベンゾ [a] アントラセン骨格は該アントラセン骨格の 2 位で結合している有機化合物である。該構成とすることで、該有機化合物を発光素子に適用した場合、発光効率及び／または信頼性が良好な発光素子を得ることができる。

[0048]

アントラセン骨格の 2 位にベンゾ [a] アントラセン骨格を有する有機化合物を、発光素子における発光層のホスト材料として用いた場合、全発光成分（初期発光成分＋遅延蛍光成分）における、遅延蛍光成分の割合が大きい発光素子を得ることができる。すなわち、後述する TTA を効率良く利用することができるため、発光効率が高い発光素子を得ることができる。

[0049]

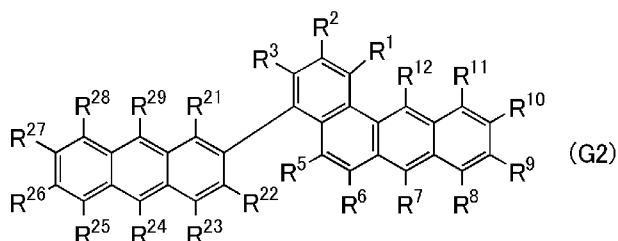
また、アントラセン骨格の 2 位にベンゾ [a] アントラセン骨格を有する有機化合物は大きな  $\pi$  共役系を有するため電子輸送性が良好である。そのため、本発明の一態様である有機化合物を EL 層の発光層及び／または電子輸送層に用いることで駆動電圧が低い発光素子を作製することができる。

[0050]

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

[0051]

[化 8]



[0052]

一般式 (G 2) 中、 $R^1$  乃至  $R^3$ 、 $R^5$  乃至  $R^{12}$  及び  $R^{21}$  乃至  $R^{29}$  はそれぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、炭素数 3 乃至 6 のシクロアルキル基または、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 の置換もしくは無置換のアリール基のいずれか一を表す。

[0053]

アントラセン骨格の 2 位とベンゾ [a] アントラセン骨格の 4 位で該骨格同士が結合されると、共役

系がアントラセン骨格とベンゾ [a] アントラセン骨格間で広がりにくくなるため、広いバンドギャップを有する有機化合物とすることができる。そのため、青色蛍光素子に好適に用いることができる。また、該構成とすることで、信頼性が良好な有機化合物を得ることができる。また、TTAを効率良く利用することができる。

[0054]

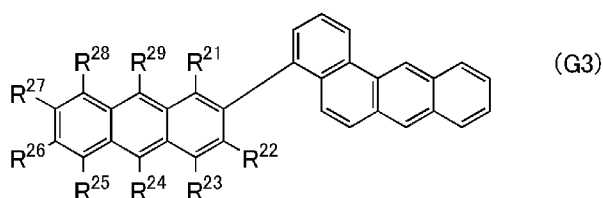
また、電気化学的に安定なアントラセン骨格及びベンゾ [a] アントラセン骨格を直接結合させることで、信頼性が良好な有機化合物を得ることができる。

[0055]

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

[0056]

[化9]



[0057]

一般式 (G3) 中、 $R^{21}$  乃至  $R^{29}$  はそれぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、炭素数 3 乃至 6 のシクロアルキル基または、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 の置換もしくは無置換のアリール基のいずれか一を表す。

[0058]

ベンゾ [a] アントラセン骨格が置換基を有さない方が電気化学的に安定であるため、良好な信頼性を有するため好ましい。また、合成が容易であるため好ましい。

[0059]

また、一般式 (G1) 乃至 (G3) 中、 $R^{24}$  及び  $R^{29}$  は、それぞれ独立に炭素数 6 乃至 13 の置換もしくは無置換のアリール基であると好ましい。該置換位置に電気化学的に安定なアリール基を結合させることで、信頼性が良好な有機化合物とすることができる。また、分子量が大きい有機化合物とすることができるので、耐熱性に優れた有機化合物とすることができる。

[0060]

また、一般式 (G1) 乃至 (G3) 中、 $R^{24}$  及び  $R^{29}$  は、それぞれ独立に置換若しくは無置換のフェニル基または、置換若しくは無置換のナフチル基であると好ましい。ナフチル基のように嵩高いアリール基を用いると、耐熱性が向上するため好ましい。 $R^{24}$  は置換若しくは無置換のフェニル基であり、 $R^{29}$  は置換若しくは無置換のナフチル基であるとさらに好ましい。 $R^{24}$  と  $R^{29}$  に異なるアリール基を導入することで、耐熱性が良好であり、信頼性が良好な発光素子を得ることができる。

[0061]

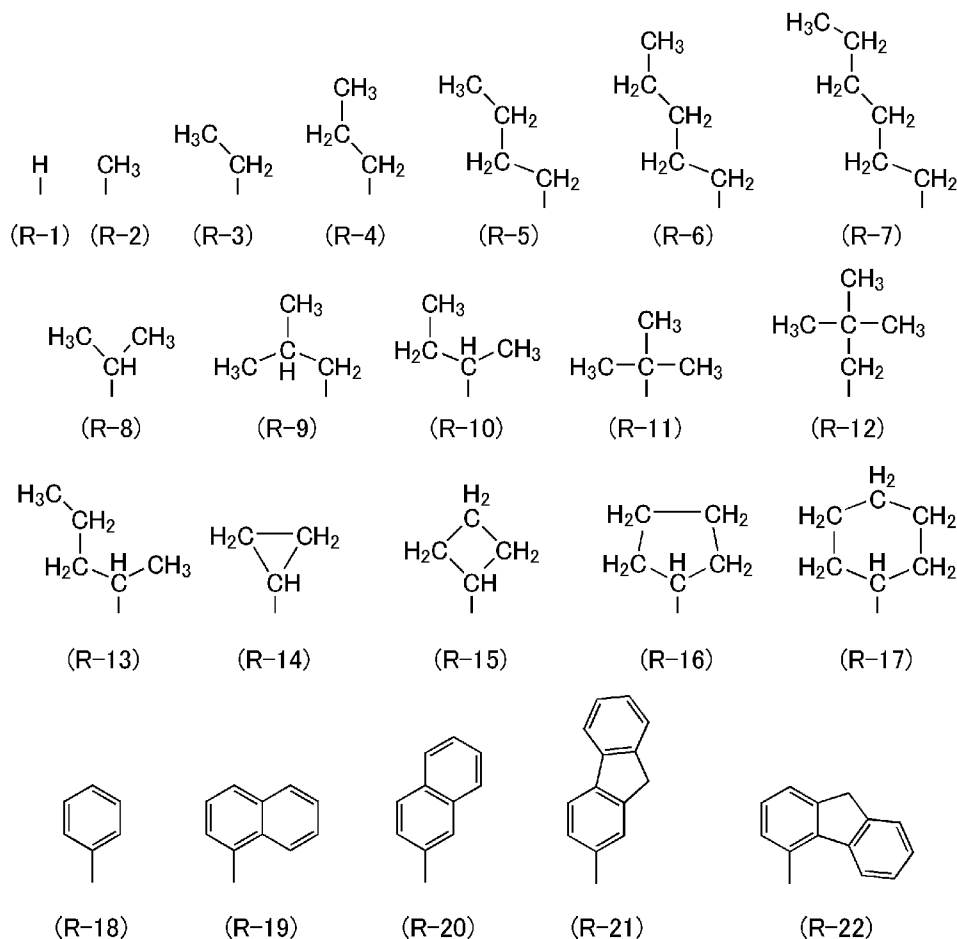
<置換基の例>

一般式 (G1) 乃至 (G3) 及び (g1) において、 $R^1$  乃至  $R^{12}$  及び  $R^{21}$  乃至  $R^{29}$  は、例えば、水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 3 乃至 6 のシクロアルキル基、または置換もしくは無置換の環を構成する炭素数が 6 乃至 13 のアリール基を表す。該アルキル基とし

ては例えば、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、*tert*-ブチル基、*n*-ヘキシル基などを挙げることができ、該シクロアルキル基としては例えば、シクロプロピル基、シクロブチル基、シクロペンチル基、シクロヘキシル基などを挙げることができ、該アリール基としては、フェニル基、ナフチル基、フルオレニル基、などを具体例として挙げることができる。より具体的には例えば、下記構造式(R-1)乃至(R-22)で表される基が挙げられる。なお、 $R^1$ 乃至 $R^{29}$ で表される基はこれらに限定されない。

[0062]

[化10]



[0063]

このとき、 $R^1$ 乃至 $R^{12}$ 及び $R^{21}$ 乃至 $R^{29}$ は、水素である場合、本発明の一態様の有機化合物を簡便・安価に合成できる。電気化学的に安定で信頼性が良好となり、好ましい。また水素以外の置換基であると、本発明の一態様の有機化合物の耐熱性を向上させることができる。(R-2)乃至(R-17)の様に、アルキル基やシクロアルキル基であると、有機溶剤への溶解性が良好となるため、本発明の一態様の有機化合物の精製を簡便に行うことができる。(R-18)乃至(R-22)の様に、アルキル基やシクロアルキル基を有さないアリール基は、電気化学的に安定で信頼性が良好となる。

[0064]

なお、上述の一般式(G1)乃至(G3)及び(g1)において、 $R^1$ 乃至 $R^{29}$ がさらに置換基を有する場合、該置換基としては、炭素数1乃至6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数3乃至7のシクロアルキル基、または置換もしくは無置換の炭素数6乃至25アリール基をあげることがで

きる。該アルキル基としては例えば、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、*tert*-ブチル基、*n*-ヘキシル基などを挙げることができ、該シクロアルキル基としては例えば、シクロプロピル基、シクロブチル基、シクロペンチル基、シクロヘキシル基などを挙げることができ、該アリール基としては、フェニル基、ナフチル基、フルオレニル基、などを具体例として挙げることができる。

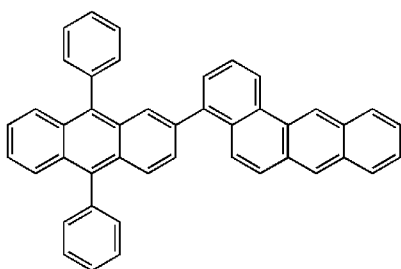
[0065]

<化合物の具体例>

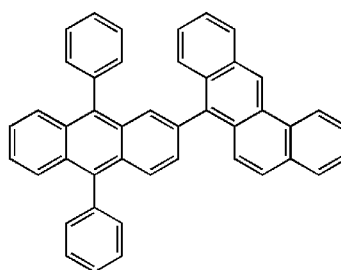
一般式 (G1) 乃至 (G3) として表される化合物の具体的な構造としては、下記構造式 (100) 乃至 (170) で表される有機化合物等を挙げることができる。なお、一般式 (G1) 乃至 (G3) として表される有機化合物は、下記例示に限られない。

[0066]

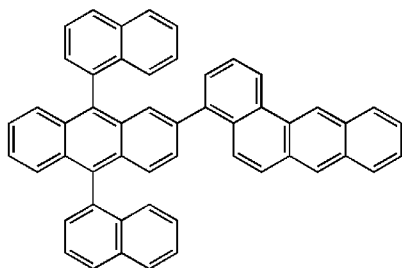
[化11]



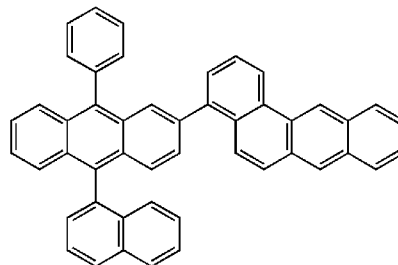
(100)



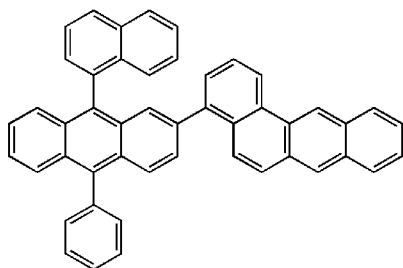
(101)



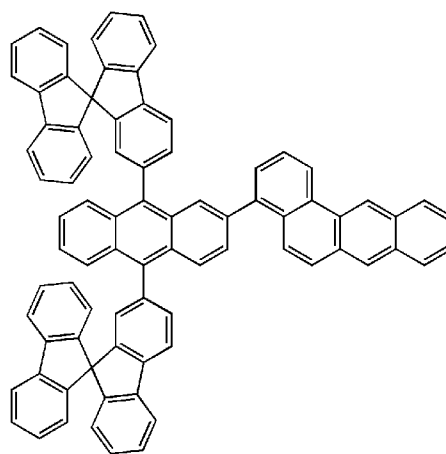
(102)



(103)



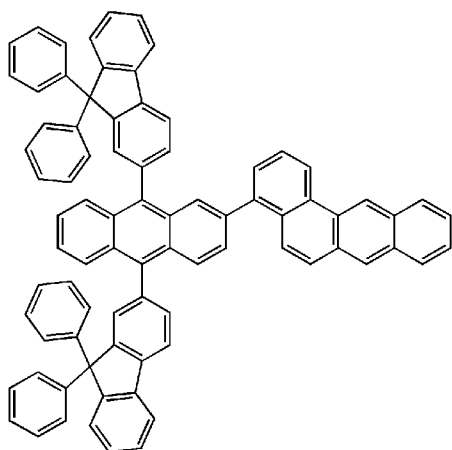
(104)



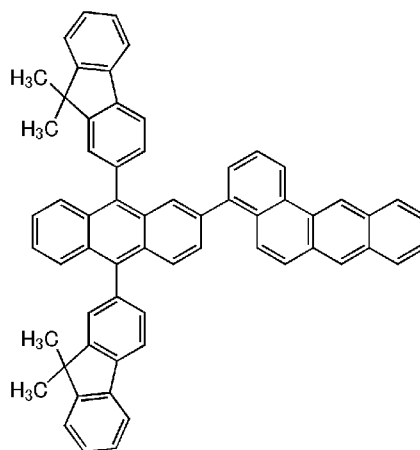
(105)

[ 0 0 6 7 ]

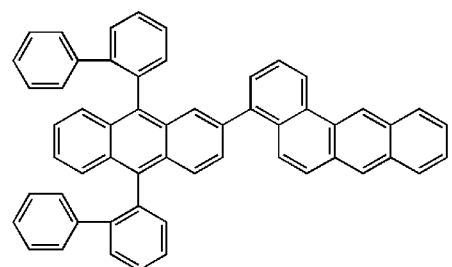
[ 化 1 2 ]



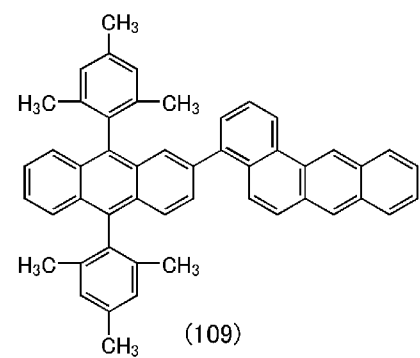
(106)



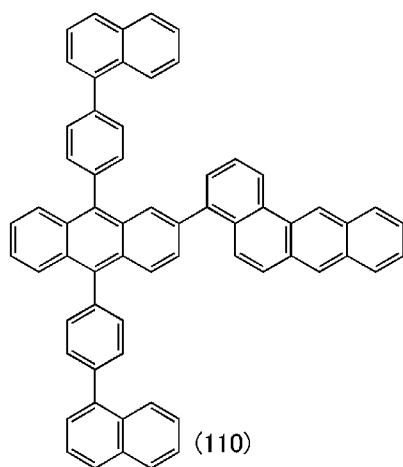
(107)



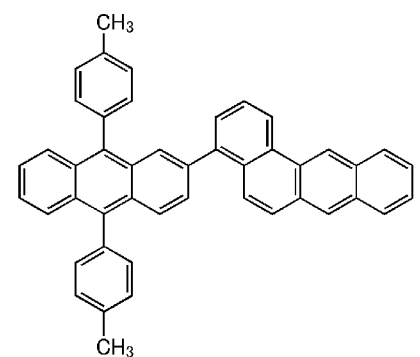
(108)



(109)



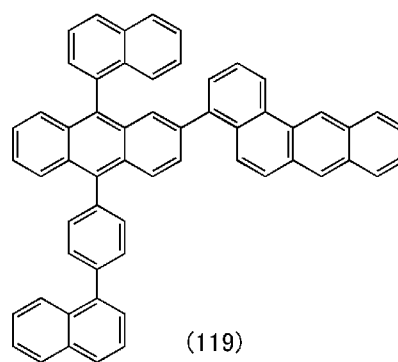
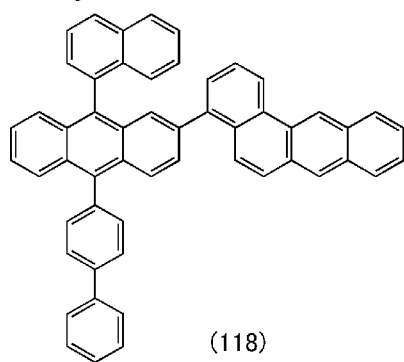
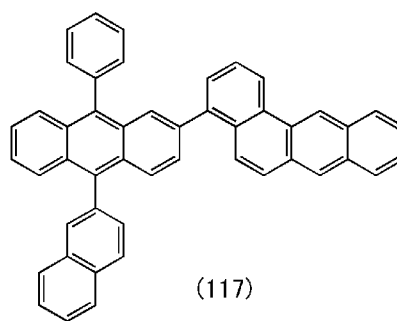
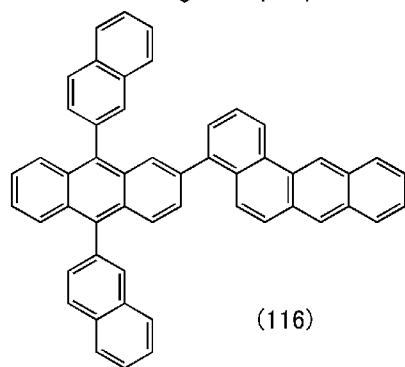
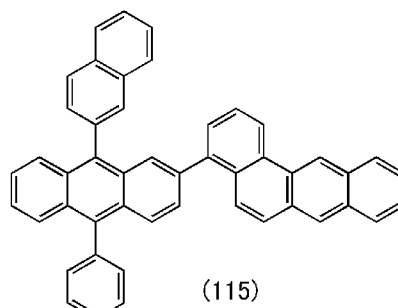
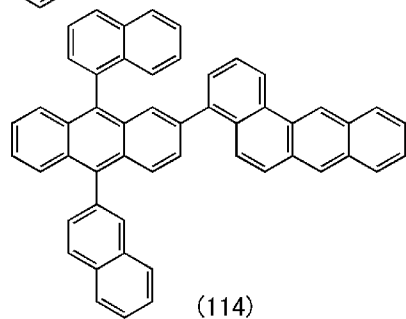
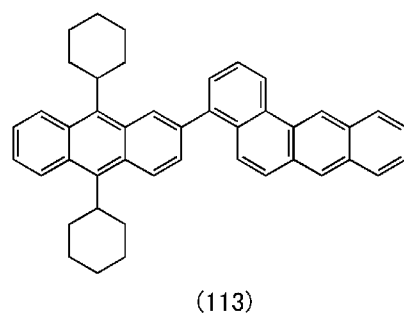
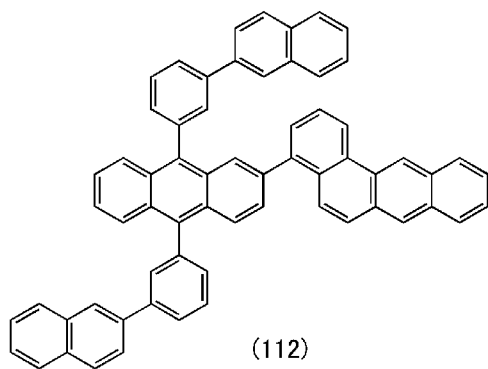
(110)



(111)

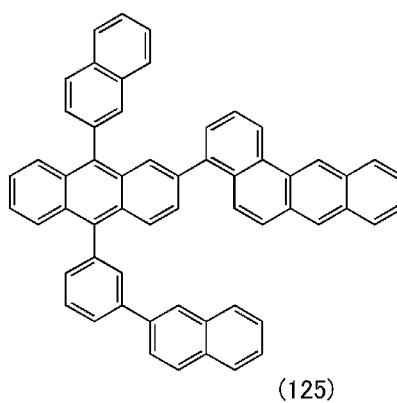
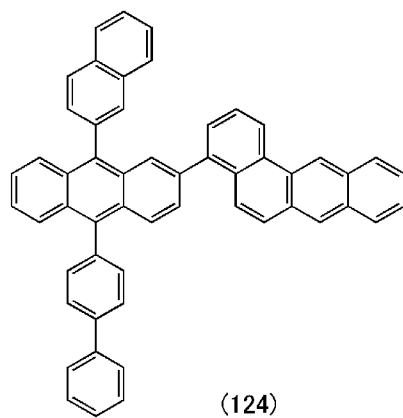
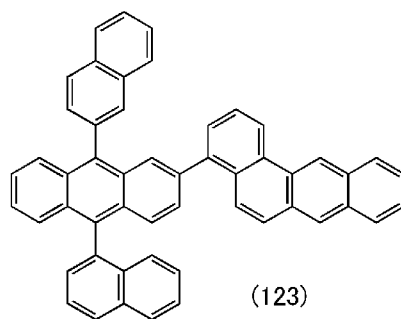
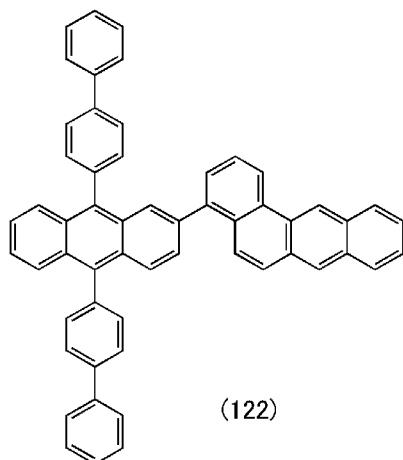
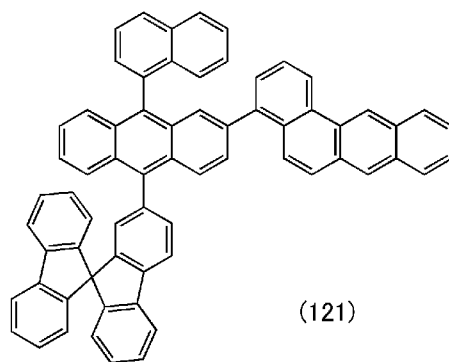
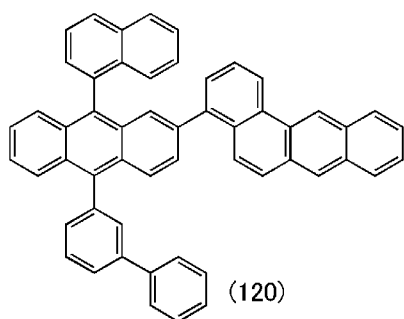
[ 0 0 6 8 ]

[化 1 3]



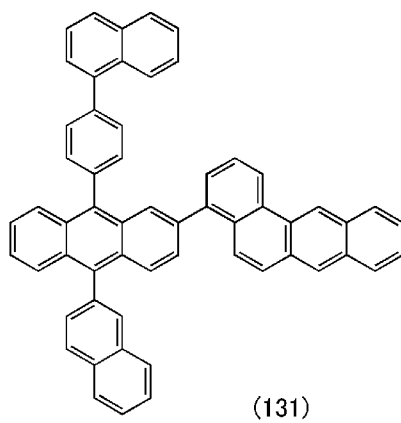
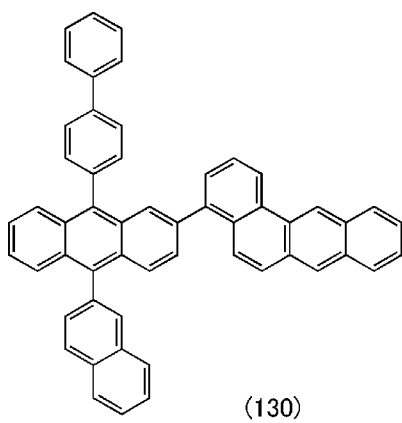
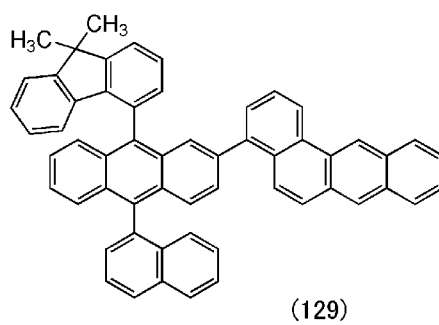
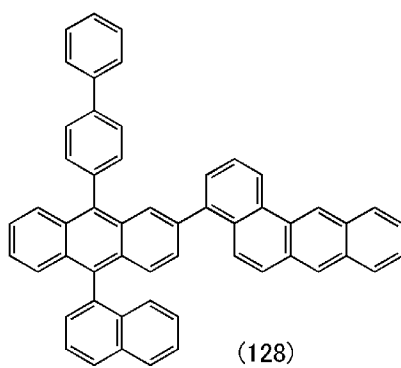
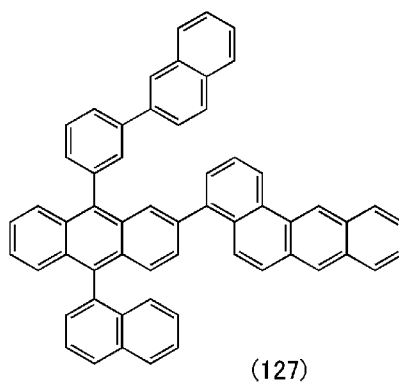
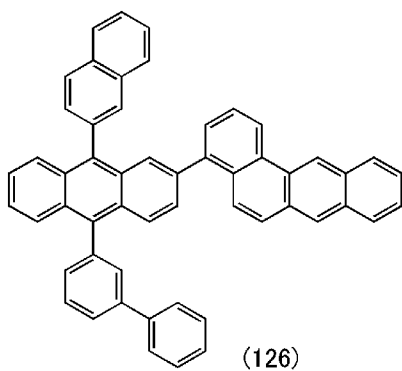
[ 0 0 6 9 ]

[化 1 4]



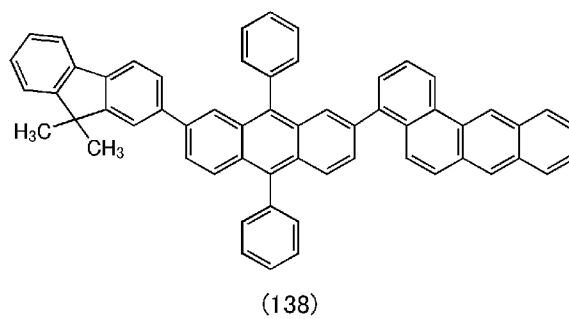
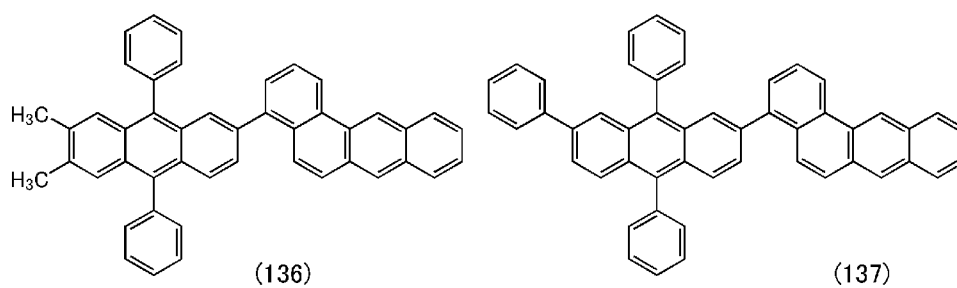
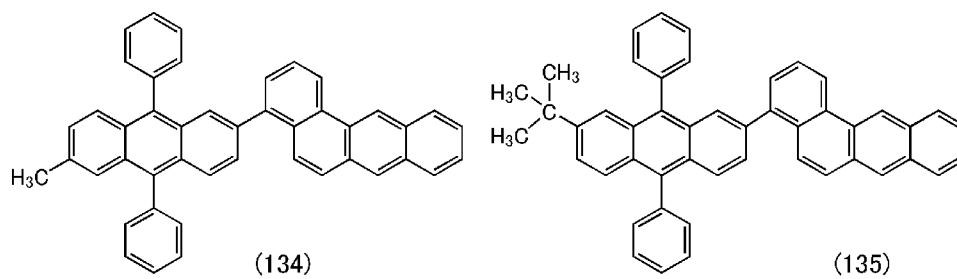
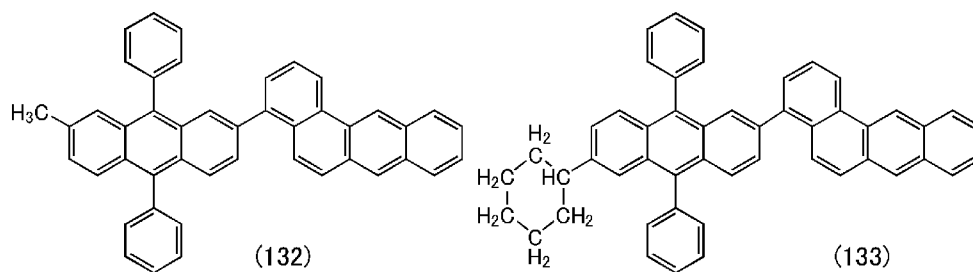
[ 0 0 7 0 ]

[化 1 5]



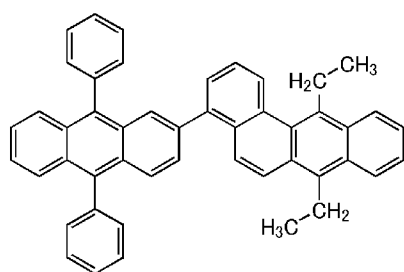
[ 0 0 7 1 ]

[化 1 6]

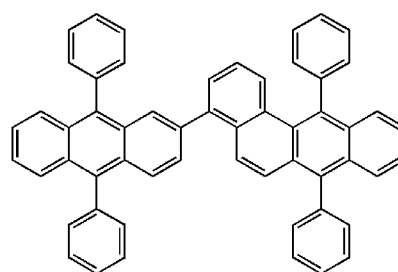


[ 0 0 7 2 ]

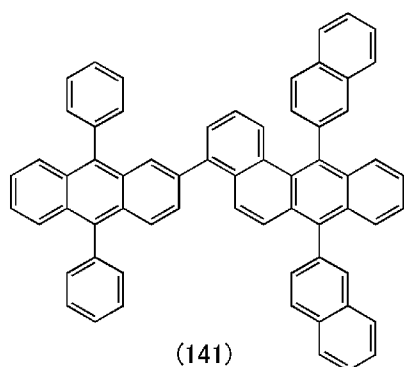
[化 1 7]



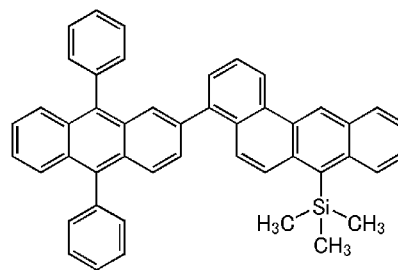
(139)



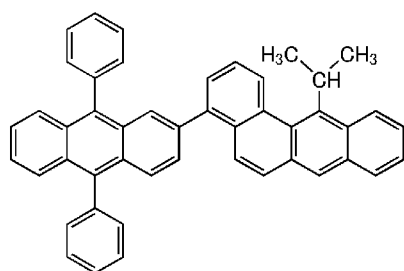
(140)



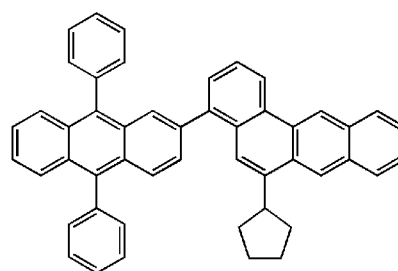
(141)



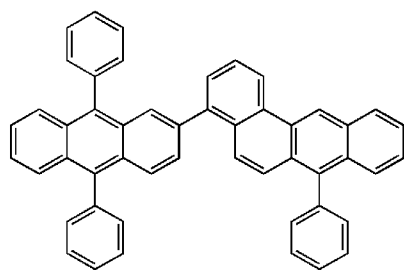
(142)



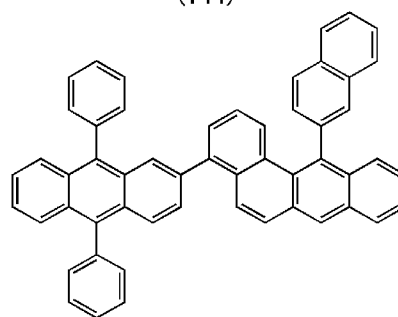
(143)



(144)



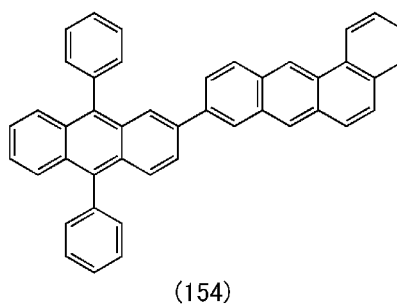
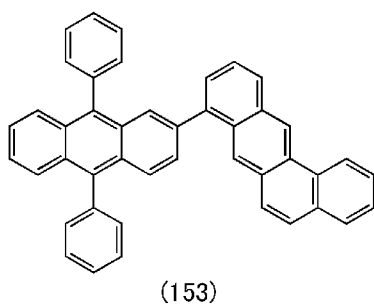
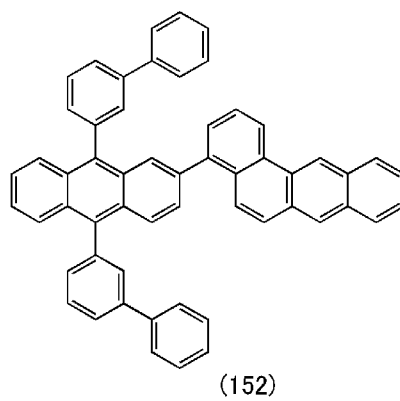
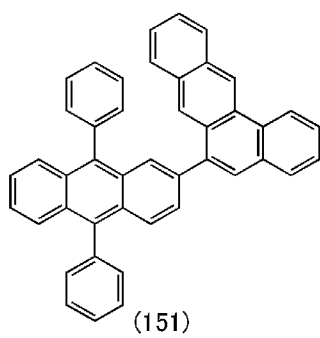
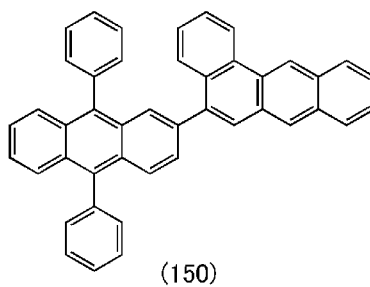
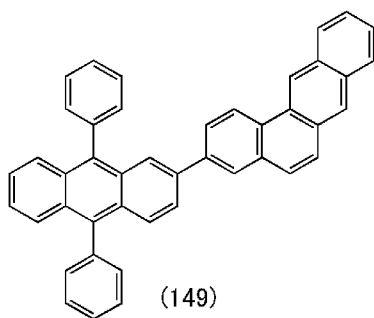
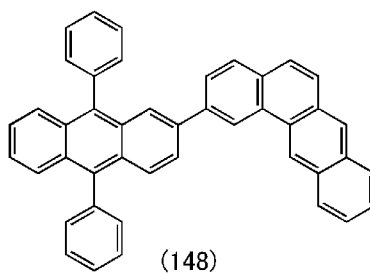
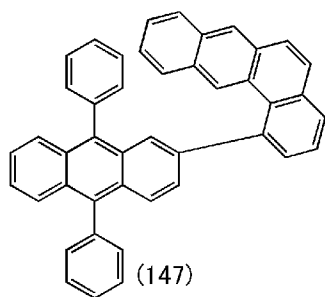
(145)



(146)

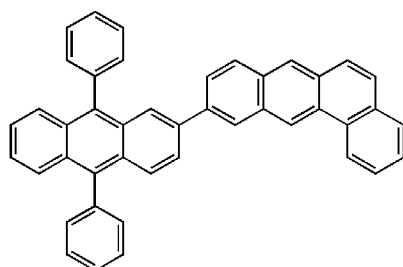
[ 0 0 7 3 ]

[化 1 8]

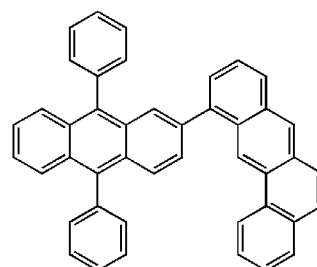


[ 0 0 7 4 ]

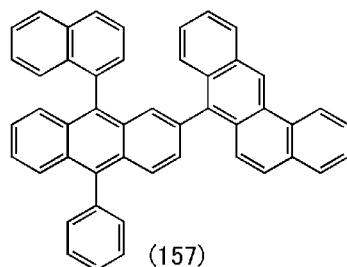
[化 19]



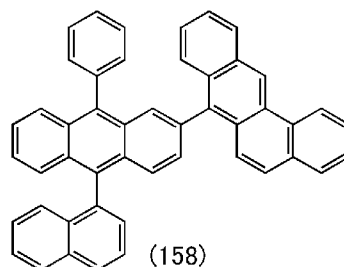
(155)



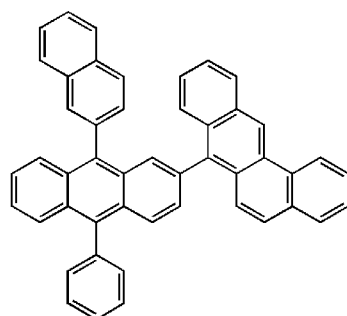
(156)



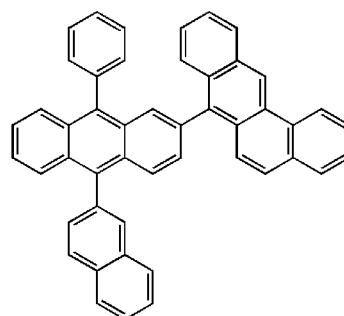
(157)



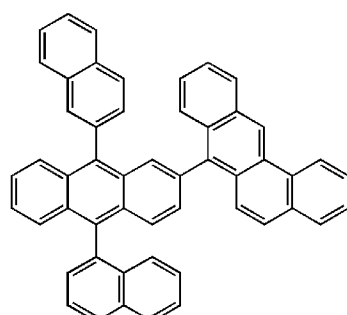
(158)



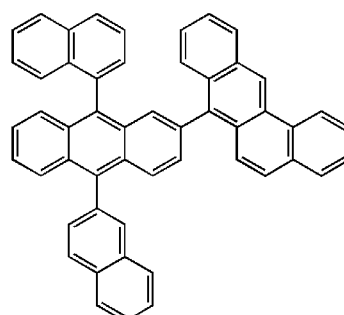
(159)



(160)



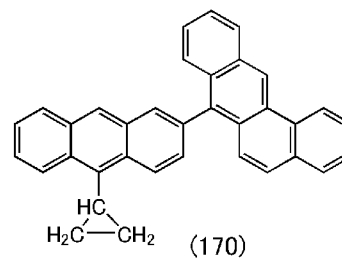
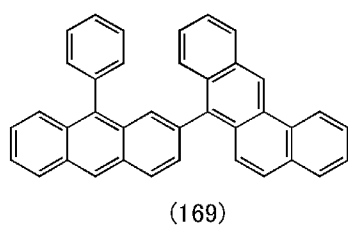
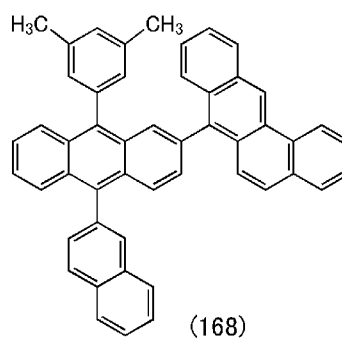
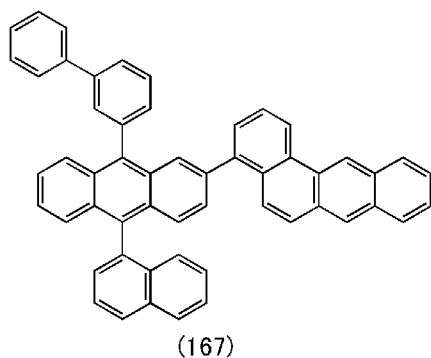
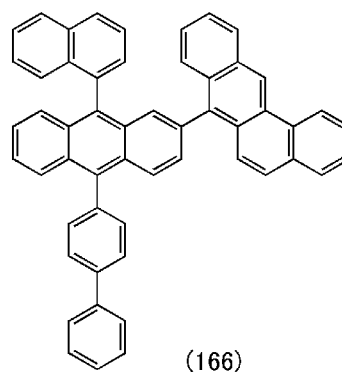
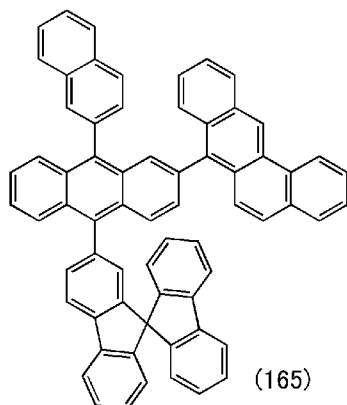
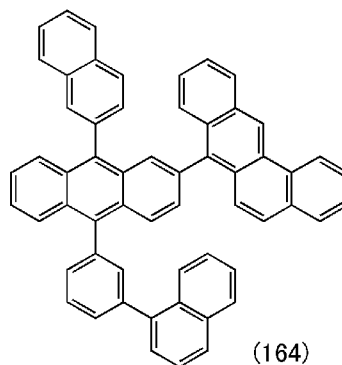
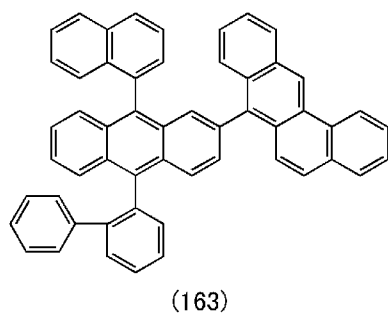
(161)



(162)

[0075]

[化 20]



[0076]

なお、本実施の形態における有機化合物は、蒸着法（真空蒸着法を含む）、インクジェット法、塗布法、グラビア印刷法等の方法を用いて成膜することができる。

[0077]

なお、本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせることが可能である。

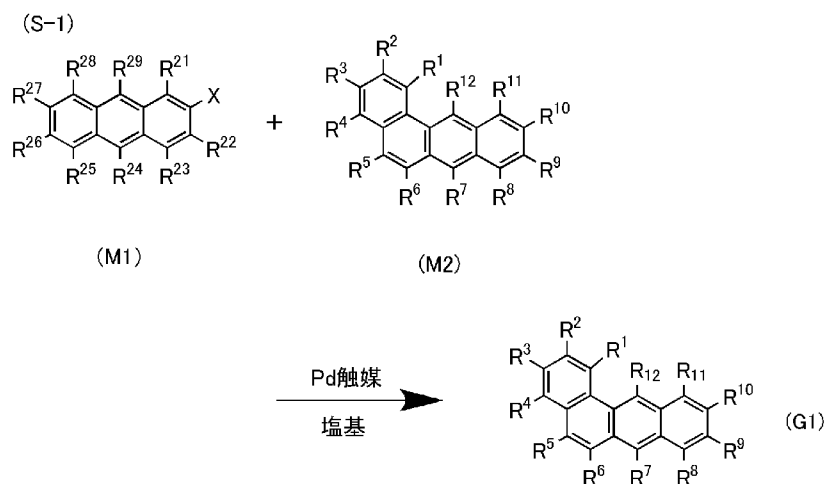
[0078]

（実施の形態2）

本実施の形態では、本発明の一態様の有機化合物の合成法の一例について、一般式（G1）で表される有機化合物を例に説明する。

[ 0 0 7 9 ]

[ 化 2 1 ]



[ 0 0 8 0 ]

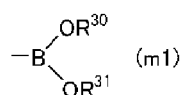
一般式 (M1) 中、 $R^{21}$  乃至  $R^{29}$  は、それぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、炭素数 3 乃至 6 のシクロアルキル基または、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 の置換もしくは無置換のアリール基のいずれかを表す。X は、ハロゲンまたはトリフレートを表す。

[ 0 0 8 1 ]

一般式 (M2) 中、 $R^1$  乃至  $R^{12}$  のいずれか一は、下記一般式 (m1) で表される置換基であり、その他の  $R^1$  乃至  $R^{12}$  はそれぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、炭素数 3 乃至 6 のシクロアルキル基または、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 の置換もしくは無置換のアリール基のいずれかを表す。

[ 0 0 8 2 ]

[ 化 2 2 ]



[ 0 0 8 3 ]

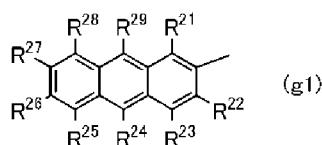
一般式 (m1) 中、 $R^{30}$  及び  $R^{31}$  はそれぞれ独立に水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基のいずれかを表す。また、 $R^{30}$  と  $R^{31}$  は互いに結合して環を形成していても良い。

[ 0 0 8 4 ]

一般式 (G1) 中、 $R^1$  乃至  $R^{12}$  のいずれか一は、下記一般式 (g1) で表される置換基であり、その他の  $R^1$  乃至  $R^{12}$  はそれぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、炭素数 3 乃至 6 のシクロアルキル基または、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 の置換もしくは無置換のアリール基のいずれかを表す。

[ 0 0 8 5 ]

[化 2 3]



[0086]

一般式 (g 1) 中、 $R^{21}$  乃至  $R^{29}$  は、それぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、炭素数 3 乃至 6 のシクロアルキル基または、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 の置換もしくは無置換のアリール基のいずれか一を表す。

[0087]

合成スキーム (S-1) に示すように、アントラセンのハロゲン化物 (化合物 M1) と、ベンゾ [a] アントラセンの有機ボロン化合物、又はボロン酸 (化合物 M2) を、鈴木・宮浦反応によりカップリングさせることで、目的化合物を得ることができる。

[0088]

合成スキーム (S-1) において、使用可能なパラジウム (Pd) 触媒としては、酢酸パラジウム (I I)、テトラキス (トリフェニルホスフィン) パラジウム (0)、ビス (トリフェニルホスフィン) パラジウム (I I) ジクロライド等が挙げられる。該パラジウム触媒はこれらに限られない。合成スキーム (S-1) において、使用可能なパラジウム触媒の配位子としては、トリ (オルトートリル) ホスフィンや、トリフェニルホスフィンや、トリシクロヘキシルホスフィン等が挙げられる。該配位子はこれらに限られない。合成スキーム (S-1) において、使用可能な塩基としては、ナトリウム *tert*-ブトキシド等の有機塩基や、炭酸カリウム、炭酸ナトリウム等の無機塩基等が挙げられる。該塩基はこれらに限られるものではない。合成スキーム (S-1) において、使用可能な溶媒としては、トルエンと水の混合溶媒、トルエンとエタノール等のアルコールと水の混合溶媒、キシレンと水の混合溶媒、キシレンとエタノール等のアルコールと水の混合溶媒、ベンゼンと水の混合溶媒、ベンゼンとエタノール等のアルコールと水の混合溶媒、エチレングリコールジメチルエーテル等のエーテル類と水の混合溶媒などが挙げられる。該溶媒はこれらに限られるものではない。また、トルエンと水、又はトルエンとエタノールと水の混合溶媒、エチレングリコールジメチルエーテル等のエーテル類と水の混合溶媒がより好ましい。

[0089]

合成スキーム (S-1) に示す鈴木・宮浦カップリング反応において、化合物 M2 で示される有機ホウ素化合物、又はボロン酸以外にも、有機アルミニウムや、有機ジルコニウム、有機亜鉛、有機スズ化合物等を用いるクロスカップリング反応を用いてもよい。

[0090]

また、合成スキーム (S-1) に示す鈴木・宮浦カップリング反応において、アントラセンの有機ホウ素化合物、又はボロン酸と、ベンゾ [a] アントラセンのハロゲン化物、又はトリフレート置換体を、鈴木・宮浦反応によりカップリングしてもよい。

[0091]

以上、本発明の一態様の有機化合物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なく、他のどのような合成方法によっても合成されてもよい。

[0092]

(実施の形態3)

本実施の形態では、本発明の一態様である有機化合物を有する発光素子の構成例を、図1を用いて以下に説明する。

[0093]

図1(A)は本発明の一態様である発光素子150の断面図である。発光素子150は少なくとも、一対の電極(電極101と、電極102)を有し、該電極間にEL層100を有する。

[0094]

また、EL層100は少なくとも発光層140及び正孔輸送層112を有する。さらに正孔注入層111、電子輸送層118、電子注入層119等の機能層を有する。

[0095]

なお、本実施の形態では電極101を陽極、電極102を陰極として説明するが、発光素子の構成はこれに限定されない。すなわち、電極101を陰極、電極102を陽極とする構成であっても良い。その場合、積層順が逆となる。つまり、陽極側から正孔注入層、正孔輸送層、発光層、電子輸送層、電子注入層という順序で積層すれば良い。

[0096]

また、EL層100の構成はこれに限定されず、電子または正孔の輸送性を向上または阻害する、励起子の拡散を抑制する、ことができる等の機能層を有していても良い。これら機能層はそれぞれ単層であっても、複数の層の積層構造であっても良い。

[0097]

発光素子150はEL層100のいずれかの層に本発明の一態様に係る有機化合物が含まれていればよい。なお、該有機化合物は良好な量子収率を有する。そのため、発光層140のゲスト材料として用いることによって、発光効率が良好な発光素子を得ることができる。また、色純度が良好な青色発光を得ることができる。

[0098]

<発光素子の構成例1>

次に、上記青色蛍光素子の構成例について図1(A)、図1(B)、図1(C)を用いて説明する。

[0099]

図1(A)に示す発光素子150は、少なくとも発光層140に本発明の一態様である有機化合物を用いた素子である。図1(B)は発光層140における材料の構成例を示しており、図1(C)は発光層140における各材料のエネルギー準位の相関を表す模式図である。

[0100]

ここでは、ホスト材料141のT1準位がゲスト材料142のT1準位よりも低い場合について説明する。図1(C)における表記及び符号は、以下の通りである。なお、ホスト材料121のT1準位がゲスト材料122のT1準位よりも高くても構わない。

- ・Host(141):ホスト材料141
- ・Guest(142):ゲスト材料142(蛍光材料)
- ・S<sub>FH</sub>:ホスト材料141のS1準位
- ・T<sub>FH</sub>:ホスト材料141のT1準位
- ・S<sub>FG</sub>:ゲスト材料142(蛍光材料)のS1準位

- ・  $T_{FG}$  : ゲスト材料 1 4 2 (蛍光材料) の T 1 準位
- ・  $E_{energy}$  : エネルギー
- ・  $E_{mission}$  : 発光
- ・  $quench$  : 消光

[0101]

ホスト材料 1 4 1 は、三重項励起エネルギーを T T A によって一重項励起エネルギーに変換する機能を有すると好ましい。該構成とすることで、本来蛍光発光に寄与しない発光層 1 4 0 で生成した三重項励起エネルギーの一部を、ホスト材料 1 4 1 における一重項励起エネルギーに変換し、ゲスト材料 1 4 2 に移動することで (図 1 (C) ルート  $E_1$  参照)、蛍光発光として取り出すことが可能となる。そのため、蛍光素子の発光効率を向上させることができる。なお、T T A による蛍光発光は、寿命の長い三重項励起状態を経ての発光であるため、遅延蛍光が観測される。

[0102]

発光層 1 4 0 において、効率良くゲスト材料 1 4 2 へ一重項励起エネルギーを移動させるためには、図 1 (C) に示すように、ホスト材料 1 4 1 の一重項励起エネルギーの最も低い準位 (S 1 準位) は、ゲスト材料 1 4 2 の S 1 準位より高いことが好ましい。また、ホスト材料 1 4 1 の三重項励起エネルギーの最も低い準位 (T 1 準位) は、ゲスト材料 1 4 2 の T 1 準位より低いことが好ましい (図 1 (C) ルート  $E_2$  参照)。このような構成にすることによって、発光層 1 4 0 において、効率良く T T A を生じさせることができる。

[0103]

さらにホスト材料 1 4 1 の T 1 準位は発光層 1 4 0 と接する正孔輸送層 1 1 2 に使用される材料の T 1 準位より低いことが好ましい。すなわち、正孔輸送層 1 1 2 が励起子拡散を抑制する機能を有することが好ましい。このような構成にすることで、発光層 1 4 0 で生成した三重項励起子の正孔輸送層 1 1 2 への拡散を抑制することができるため、発光効率が良い素子を提供することができる。

[0104]

本発明の一態様である有機化合物は遅延蛍光成分が高い発光素子を作製することができる。そのため、上記 T T A を利用した発光素子中のホスト材料として好適に使用することができる。

[0105]

< 発光素子の構成例 2 >

ホスト材料 1 4 1 としてベンゾ [a] アントラセン骨格を有する材料を用い、ゲスト材料 1 4 2 が有する発光団にベンゾフラン骨格が含まれる材料を用いると好ましい。該構成の発光素子とすることで、発光効率及び信頼性が良好な発光素子を得ることができる。ベンゾ [a] アントラセン骨格を有する材料としては、一般式 (G 1) 乃至 (G 3) で表される有機化合物を好適に用いることができる。

[0106]

ここで、発光団とは、蛍光性材料において、発光の原因となる原子団 (骨格) を指す。発光団は一般的に  $\pi$  結合を有しており、芳香環を含むことが好ましく、縮合芳香環または縮合複素芳香環有すると好ましい。また、他の態様として、発光団とは、環平面上に遷移双極子ベクトルが存在する芳香環を含む原子団 (骨格) と見なすことができる。

[0107]

ベンゾ [a] アントラセン骨格を有する材料は遅延蛍光割合が高い。そのため、上記 T T A を利用した発光素子中のホスト材料として好適に使用することができる。よって、ベンゾ [a] アントラセン

骨格を有するホスト材料を用いることで、発光効率が良好な発光素子を得ることができる。また、ベンゾ [a] アントラセン骨格は電気化学的に安定な骨格であるため、信頼性が良好な発光素子を得ることができる。

[0108]

また、発光団にベンゾフラン骨格を有する蛍光性材料は、高いLUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbital、最低空軌道ともいう) 準位を有し、高いS1準位を有する。そのため、発光団にベンゾフラン骨格を有する蛍光性材料は青色発光素子に好適に用いることができる。

[0109]

よって、上述のように、ホスト材料141としてベンゾ [a] アントラセン骨格を有する材料を用い、ゲスト材料142が有する発光団にベンゾフラン骨格が含まれる材料を用いることで、発光効率及び信頼性が良好な青色蛍光素子を得ることができる。

[0110]

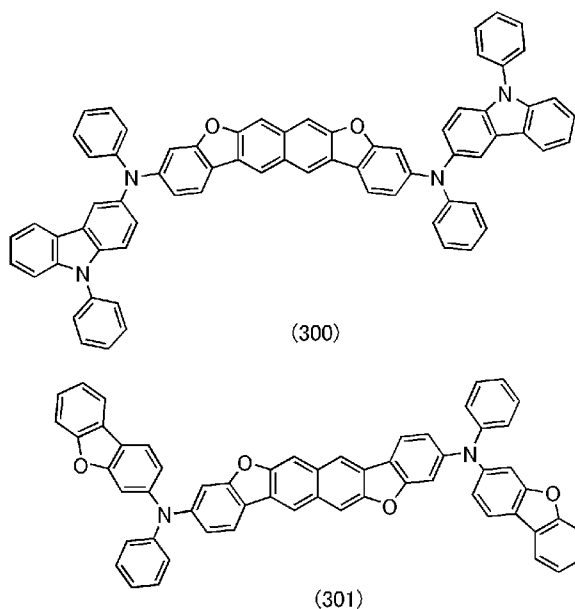
ベンゾ [a] アントラセン骨格を有する材料の具体例としては例えば、本発明の一態様の有機化合物が挙げられる。ただし、ベンゾ [a] アントラセン骨格を有する材料は本発明の一態様の有機化合物に限られない。

[0111]

ベンゾフラン骨格を含む発光団としては例えば、ナフトビスベンゾフラン、ジベンゾ [b, b'] フロ [2, 3-g : 5, 4-g'] ビスベンゾフラン骨格、ジベンゾ [b, b'] チエノ [2, 3-g : 5, 4-g'] ビスベンゾフラン骨格、スピロ [7H-ジベンゾ [b, b'] シクロペンタ [1, 2-g : 4, 3-g'] ビスベンゾフラン-7, 9'-[9H] フルオレン] 骨格、7, 7-ジフェニル-7H-ジベンゾ [b, b'] シクロペンタ [1, 2-g : 4, 3-g'] ビスベンゾフラン骨格等が挙げられる。また、発光団にベンゾフラン骨格を有する蛍光性材料の具体例としては、以下の構造式 (300) 乃至 (310) に例示する有機化合物が挙げられる。なお、発光団にベンゾフラン骨格を有する蛍光性材料は以下の例示に限られない。

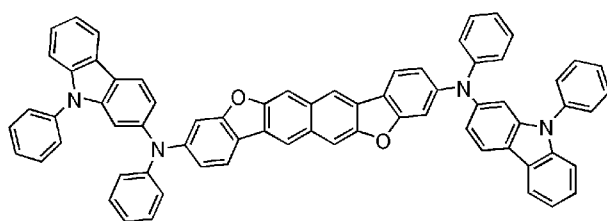
[0112]

[化24]

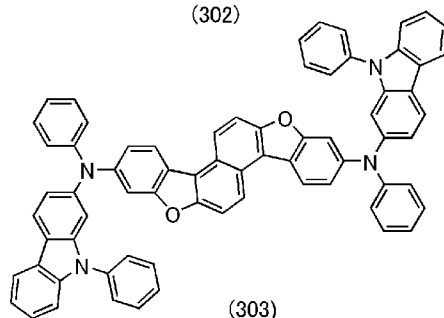


[ 0 1 1 3 ]

[化 2 5]



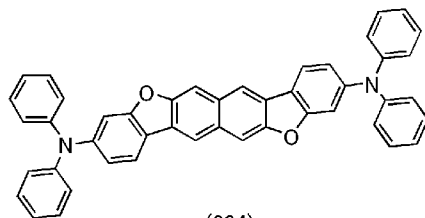
(302)



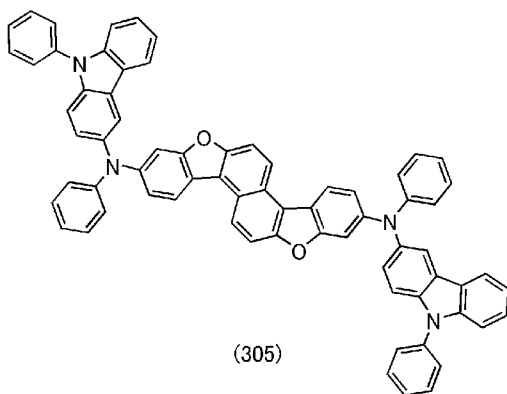
(303)

[ 0 1 1 4 ]

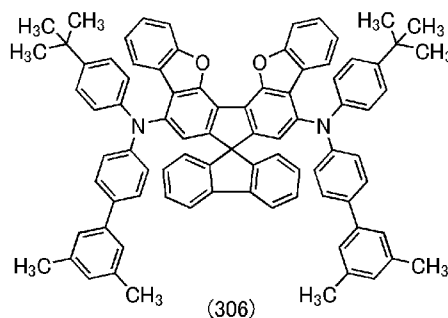
[化 2 6]



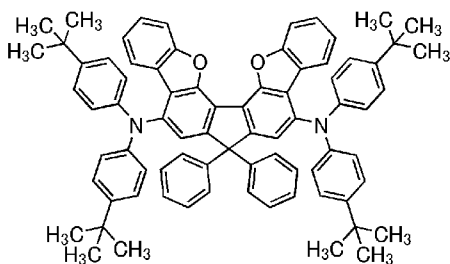
(304)



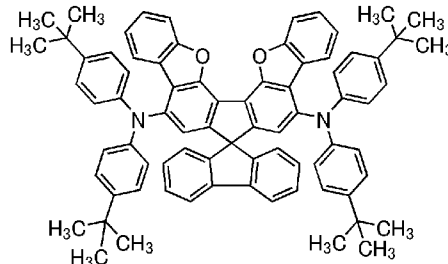
(305)



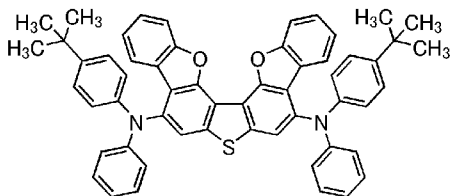
(306)



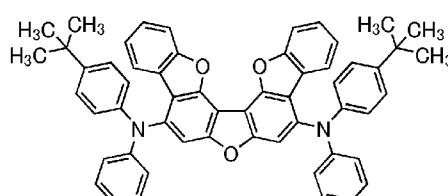
(307)



(308)



(309)



(310)

[ 0 1 1 5 ]

なお、最低励起一重項エネルギー準位は、有機化合物が一重項基底状態から最低励起一重項状態へ遷移する際の吸収スペクトルから観測することができる。もしくは、有機化合物の蛍光発光スペクトルのピーク波長から最低励起一重項エネルギー準位を推定しても良い。また、最低励起三重項エネルギー準位は、有機化合物が一重項基底状態から最低励起三重項状態へ遷移する際の吸収スペクトルから観測することができるが、該遷移が禁制であることから、観測することが困難な場合がある。その場合には、有機化合物の燐光発光スペクトルのピーク波長より、最低励起三重項エネルギー準位を推定しても良い。

[ 0 1 1 6 ]

本発明の一態様である有機化合物は高いT1準位と良好な正孔輸送性を有するため、上記TTAを

利用した発光素子中の正孔輸送材料として好適に使用することができる。なお、本発明の一態様である有機化合物はホスト材料 1 2 1 としても使用することができる。

[0 1 1 7]

なお、本発明の一態様である有機化合物は、有機薄膜太陽電池などの電子デバイスに用いることができる。より具体的には、キャリア輸送性を有するため、キャリア輸送層、キャリア注入層に用いることができる。また、アクセプター性物質との混合膜を用いることで、電荷発生層として用いることができる。また、光励起するため、発電層として用いることができる。

[0 1 1 8]

<発光素子の構成例 3>

次に図 1 に示す発光素子と異なる発光素子の一例を図 2 を用いて説明する。図 2 (A) に示す発光素子 1 5 2 は、少なくとも発光層 1 4 0 に本発明の一態様である有機化合物を用いた素子である。図 2 (B) は正孔注入層 1 1 1、正孔輸送層 1 1 2 及び発光層 1 4 0 における材料の構成例を示しており、図 2 (C) は正孔注入層 1 1 1、正孔輸送層 1 1 2 及び発光層 1 4 0 における各材料のエネルギー準位の相関を表す模式図である。

[0 1 1 9]

図 2 (A) は本発明の一態様である発光素子 1 5 2 の断面図である。発光素子 1 5 2 は少なくとも、一対の電極（電極 1 0 1 と、電極 1 0 2）を有し、該電極間に EL 層 1 0 3 を有する。

[0 1 2 0]

また、EL 層 1 0 3 は少なくとも発光層 1 4 0 及び正孔輸送層 1 1 2 を有する。さらに正孔注入層 1 1 1、電子輸送層 1 1 8、電子注入層 1 1 9 等の機能層を有する。

[0 1 2 1]

電子アクセプター性を有する有機化合物を用いて正孔注入を行う場合、すなわち、正孔注入層 1 1 1 に電子アクセプター性を有する有機化合物を用いる場合、正孔注入層 1 1 1 に接する正孔輸送層 1 1 2 に含まれる化合物は、該電子アクセプター性を有する有機化合物による電子の引き抜きまたは正孔の注入を容易とするため、最高被占軌道 (Highest Occupied Molecular Orbital: HOMO) 準位の比較的高い正孔輸送材料であることが好ましい。一方、本発明の一態様の有機化合物はヘテロ原子を有さないため、HOMO 準位が低い。そのため、本発明の一態様の有機化合物を発光層 1 4 0 のホスト材料へ用いた場合、電子アクセプター性を有する有機化合物を正孔注入層 1 1 1 に用いると、発光層 1 4 0 と正孔輸送層 1 1 2 の界面において正孔注入障壁ができてしまう場合がある。

[0 1 2 2]

そのため、上述の HOMO 準位の高い正孔輸送材料からなる正孔輸送層 1 1 2 と発光層 1 4 0 とを接して形成すると、その界面にキャリアの蓄積が起こり、発光素子の寿命や効率を低下させる原因となりうる。そこで、図 2 (A) に示すように、正孔注入層を多層構造にすることで、発光層へのスムーズな正孔の注入を行うことが可能となり、発光素子の寿命や効率の向上が可能である。

[0 1 2 3]

この場合の発光素子 1 5 2 の構成を図 2 (B) 及び図 2 (C) を用いて説明する。ここでは、正孔注入層材料 1 3 1 にアクセプタ性を有する有機化合物を用い、正孔注入層材料 1 3 1 の LUMO 準位が第 1 の正孔輸送材料 1 3 2 の HOMO 準位よりも低い場合について説明する。このときの各材料の HOMO 準位及び LUMO 準位の相関を表す模式図を図 2 (C) に示す。また、図 2 (B) 及び

図2 (C)における表記及び符号は、以下の通りである。

- ・HIM (1 3 1) : 正孔注入層材料 1 3 1
- ・HTM (1 3 2) : 第1の正孔輸送材料 1 3 2
- ・HTM (1 3 3) : 第2の正孔輸送材料 1 3 3
- ・HTM (1 3 4) : 第3の正孔輸送材料 1 3 4
- ・Host (1 4 1) : ホスト材料 1 4 1
- ・ゲスト材料 1 4 2

[0 1 2 4]

図2 (A) 及び (B) に示すように、正孔輸送層 1 1 2 を複数の層の積層構造とすることが好ましい。具体的には、正孔輸送層 1 1 2 は正孔注入層 1 1 1 側から第1の正孔輸送層 1 1 2 - a と、第2の正孔輸送層 1 1 2 - b とを有し、第1の正孔輸送層 1 1 2 - a は、第1の正孔輸送材料 1 3 2 を有し、第2の正孔輸送層 1 1 2 - b には第2の正孔輸送材料 1 3 3 を有すると好ましい。該構成の場合、図2 (C) に示すように、第2の正孔輸送材料 1 3 3 のHOMO準位は第1の正孔輸送材料 1 3 2 のHOMO準位よりも低くすることで、上述の正孔注入障壁を低減でき、寿命や効率の良好な発光素子とすることができる。なお、第1の正孔輸送材料 1 3 2 のHOMO準位は、 $-5.4\text{ eV}$ 以上であると、正孔注入層材料 1 3 1 からの電子の引き抜きが容易であるため好ましい (図1 (C) 参照)。

[0 1 2 5]

また、図2 (C) に示すように、第1の正孔輸送材料 1 3 2 のHOMO準位と、第2の正孔輸送材料 1 3 3 のHOMO準位との差が、 $0.3\text{ eV}$ 以下、より好ましくは $0.2\text{ eV}$ 以下であることが好ましい。該構成とすることで、第1の正孔輸送層から第2の正孔輸送層への正孔の注入が容易となる。

[0 1 2 6]

また、正孔輸送層 1 1 2 が、第2の正孔輸送層 1 1 2 - b と発光層 1 4 0 との間にさらに第3の正孔輸送層 1 1 2 - c を有しており、該第3の正孔輸送層 1 1 2 - c には第3の正孔輸送材料 1 3 4 が含まれていても良い (図2 (A)、図2 (B) 参照)。この場合、図2 (C) に示すように、当該第3の正孔輸送材料 1 3 4 のHOMO準位が、第2の正孔輸送材料 1 3 3 よりも低く、その差が $0.3\text{ eV}$ 以下、より好ましくは $0.2\text{ eV}$ 以下であると好ましい。

[0 1 2 7]

また、第3の正孔輸送材料 1 3 4 のHOMO準位とホスト材料 1 4 1 のHOMO準位は同じか、または第3の正孔輸送材料 1 3 4 の方が低い方が、ホールが適度に発光層内に輸送されるため寿命や効率が良好となり、より好ましい構成であると言える。

[0 1 2 8]

なお、図1 (C) では、正孔注入層材料 1 3 1 のLUMO準位がホスト材料 1 4 1 のHOMO準位よりも低い準位で表しているが、両者の準位の関係に限定はない。すなわち、正孔注入層材料 1 3 1 のLUMO準位がホスト材料 1 4 1 のHOMO準位よりも高い準位であっても、また、同等であっても良い。

[0 1 2 9]

なお、ゲスト材料 1 4 2 のHOMO準位がホスト材料 1 4 1 のHOMO準位よりも高い場合、正孔輸送層のHOMO準位の位置によってはゲスト材料 1 4 2 への正孔の注入割合が多くなり、さらに、正孔がゲスト材料 1 4 1 にトラップされることから発光領域の偏りによる寿命の低下が引き起こされる場合がある。該構成になりやすい発光素子としては、例えば芳香族ジアミン化合物をゲスト材料に

用いた発光素子が挙げられる。該ジアミン化合物をゲスト材料に用いる場合、本構成例に示す発光素子とすることで、高効率、高信頼性を有する発光素子を得ることができる。

[0130]

なお、電子輸送層118は図2(A)では1層で表しているが、これに限定されず、複数の層の積層構造であっても良い。また、複数の材料からなる混合膜であっても良い。

[0131]

<材料>

次に、本発明の一態様に係る発光素子の構成要素の詳細について、以下説明を行う。

[0132]

《発光層》

発光層140中では、ホスト材料141が少なくともゲスト材料142より重量比で多く存在し、ゲスト材料142(蛍光材料)は、ホスト材料141中に分散される。なお、発光層140において、ホスト材料141は、一種の化合物から構成されていても良く、複数の化合物から構成されていても良い。

[0133]

また、発光層140において、ゲスト材料142としては、アントラセン誘導体、テトラセン誘導体、クリセン誘導体、フェナントレン誘導体、ピレン誘導体、ペリレン誘導体、スチルベン誘導体、アクリドン誘導体、クマリン誘導体、フェノキサジン誘導体、フェノチアジン誘導体などを用いることができ、例えば以下の材料を用いることができる。

[0134]

具体的には、5,6-ビス[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-2,2'-ビピリジン(略称:PAP2BPY)、5,6-ビス[4'-(10-フェニル-9-アントリル)ビフェニル-4-イル]-2,2'-ビピリジン(略称:PAPP2BPY)、N,N'-ジフェニル-N,N'-ビス[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]ピレン-1,6-ジアミン(略称:1,6FLPAPrn)、N,N'-ビス(3-メチルフェニル)-N,N'-ビス[3-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]ピレン-1,6-ジアミン(略称:1,6mMemFLPAPrn)、N,N'-ビス[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]-N,N'-ビス(4-tert-ブチルフェニル)ピレン-1,6-ジアミン(略称:1,6tBu-FLPAPrn)、N,N'-ビス[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]-N,N'-ジフェニル-3,8-ジシクロヘキシルピレン-1,6-ジアミン(略称:ch-1,6FLPAPrn)、N,N'-ビス[4-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]-N,N'-ジフェニルスチルベン-4,4'-ジアミン(略称:YGA2S)、4-(9H-カルバゾール-9-イル)-4'-(10-フェニル-9-アントリル)トリフェニルアミン(略称:YGAPA)、4-(9H-カルバゾール-9-イル)-4'-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)トリフェニルアミン(略称:2YGAPPA)、N,9-ジフェニル-N-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール-3-アミン(略称:PCAPA)、ペリレン、2,5,8,11-テトラ(tert-ブチル)ペリレン(略称:TBP)、4-(10-フェニル-9-アントリル)-4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称:PCBAPA)、N,N''-(2-tert-ブチルアントラセン-9,10-ジイルジ-4,1-フェニレン)ビス[N,N',N'-トリフェニル-1,4-フェニレン

ジアミン] (略称: DPABPA)、N, 9-ジフェニル-N-[4-(9, 10-ジフェニル-2-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール-3-アミン (略称: 2PCAPPA)、N-[4-(9, 10-ジフェニル-2-アントリル)フェニル]-N, N', N'-トリフェニル-1, 4-フェニレンジアミン (略称: 2DPAPPA)、N, N, N', N', N'', N'', N''', N'''-オクタフェニルジベンゾ [g, p] クリセン-2, 7, 10, 15-テトラアミン (略称: DBC1)、クマリン30、N-(9, 10-ジフェニル-2-アントリル)-N, 9-ジフェニル-9H-カルバゾール-3-アミン (略称: 2PCAPA)、N-[9, 10-ビス (1, 1'-ビフェニル-2-イル)-2-アントリル]-N, 9-ジフェニル-9H-カルバゾール-3-アミン (略称: 2PCABPhA)、N-(9, 10-ジフェニル-2-アントリル)-N, N', N'-トリフェニル-1, 4-フェニレンジアミン (略称: 2DPAPA)、N-[9, 10-ビス (1, 1'-ビフェニル-2-イル)-2-アントリル]-N, N', N'-トリフェニル-1, 4-フェニレンジアミン (略称: 2DPABPhA)、9, 10-ビス (1, 1'-ビフェニル-2-イル)-N-[4-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]-N-フェニルアントラセン-2-アミン (略称: 2YGABPhA)、N, N, 9-トリフェニルアントラセン-9-アミン (略称: DPhAPhA)、クマリン6、クマリン545T、N, N'-ジフェニルキナクリドン (略称: DPQd)、ルブレン、2, 8-ジ-tert-ブチル-5, 11-ビス (4-tert-ブチルフェニル)-6, 12-ジフェニルテトラセン (略称: TBRb)、ナイルレッド、5, 12-ビス (1, 1'-ビフェニル-4-イル)-6, 11-ジフェニルテトラセン (略称: BPT)、2-(2-{2-[4-(ジメチルアミノ)フェニル]エテニル}-6-メチル-4H-ピラン-4-イリデン)プロパンジニトリル (略称: DCM1)、2-{2-メチル-6-[2-(2, 3, 6, 7-テトラヒドロ-1H, 5H-ベンゾ [i j] キノリジン-9-イル)エテニル]-4H-ピラン-4-イリデン}プロパンジニトリル (略称: DCM2)、N, N, N', N'-テトラキス (4-メチルフェニル)テトラセン-5, 11-ジアミン (略称: p-mPhTD)、7, 14-ジフェニル-N, N, N', N'-テトラキス (4-メチルフェニル)アセナフト [1, 2-a]フルオランテン-3, 10-ジアミン (略称: p-mPhAFD)、2-{2-イソプロピル-6-[2-(1, 1, 7, 7-テトラメチル-2, 3, 6, 7-テトラヒドロ-1H, 5H-ベンゾ [i j] キノリジン-9-イル)エテニル]-4H-ピラン-4-イリデン}プロパンジニトリル (略称: DCJT1)、2-{2-tert-ブチル-6-[2-(1, 1, 7, 7-テトラメチル-2, 3, 6, 7-テトラヒドロ-1H, 5H-ベンゾ [i j] キノリジン-9-イル)エテニル]-4H-ピラン-4-イリデン}プロパンジニトリル (略称: DCJT2)、2-(2, 6-ビス {2-[4-(ジメチルアミノ)フェニル]エテニル}-4H-ピラン-4-イリデン)プロパンジニトリル (略称: BisDCM)、2-{2, 6-ビス [2-(8-メトキシ-1, 1, 7, 7-テトラメチル-2, 3, 6, 7-テトラヒドロ-1H, 5H-ベンゾ [i j] キノリジン-9-イル)エテニル]-4H-ピラン-4-イリデン}プロパンジニトリル (略称: BisDCJTM)、5, 10, 15, 20-テトラフェニルビスベンゾ [5, 6]インデノ [1, 2, 3-cd: 1', 2', 3'-lm]ペリレン、などが挙げられる。

[0135]

また上述のように、ベンゾフラン骨格を有する蛍光性材料もゲスト材料142として好適に用いることができる。

[0136]

なお、発光層140において、ホスト材料141及びゲスト材料142以外の材料を有していても

良い。

[0137]

また、発光層140において、ホスト材料141として、本発明の一態様の有機化合物を用いることが好ましい。

[0138]

なお、発光層140に用いることが可能な材料としては、特に限定はないが、例えば、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る。具体的には、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム(III)(略称: Alq)、トリス(4-メチル-8-キノリノラト)アルミニウム(III)(略称: Almq<sub>3</sub>)、ビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]キノリナト)ベリリウム(II)(略称: BeBq<sub>2</sub>)、ビス(2-メチル-8-キノリノラト)(4-フェニルフェノラト)アルミニウム(III)(略称: BAlq)、ビス(8-キノリノラト)亜鉛(II)(略称: Znq)、ビス[2-(2-ベンゾオキサゾリル)フェノラト]亜鉛(II)(略称: ZnPBO)、ビス[2-(2-ベンゾチアゾリル)フェノラト]亜鉛(II)(略称: ZnBTZ)などの金属錯体、2-(4-ビフェニル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール(略称: PBD)、1,3-ビス[5-(p-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン(略称: OXD-7)、3-(4-ビフェニル)-4-フェニル-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,2,4-トリアゾール(略称: TAZ)、2,2',2''-(1,3,5-ベンゼントリイル)トリス(1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール)(略称: TPBI)、バソフェナントロリン(略称: BPhen)、バソキュプロイン(略称: BCP)、9-[4-(5-フェニル-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称: CO11)などの複素環化合物、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称: NPBまたはα-NPD)、N,N'-ビス(3-メチルフェニル)-N,N'-ジフェニル-[1,1'-ビフェニル]-4,4'-ジアミン(略称: TPD)、4,4'-ビス[N-(スピロ-9,9'-ビフルオレン-2-イル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称: BSPB)などの芳香族アミン化合物が挙げられる。また、アントラセン誘導体、フェナントレン誘導体、ピレン誘導体、クリセン誘導体、ジベンゾ[g, p]クリセン誘導体等の縮合多環芳香族化合物が挙げられ、具体的には、9,10-ジフェニルアントラセン(略称: DPAnth)、N,N'-ジフェニル-9-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール-3-アミン(略称: CzAlPA)、4-(10-フェニル-9-アントリル)トリフェニルアミン(略称: DPhPA)、4-(9H-カルバゾール-9-イル)-4'-(10-フェニル-9-アントリル)トリフェニルアミン(略称: YGAPA)、N,9-ジフェニル-N-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール-3-アミン(略称: PCAPA)、N,9-ジフェニル-N-{4-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]フェニル}-9H-カルバゾール-3-アミン(略称: PCAPBA)、N,9-ジフェニル-N-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)-9H-カルバゾール-3-アミン(略称: 2PCAPA)、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)、6,12-ジメトキシ-5,11-ジフェニルクリセン、N,N,N',N',N'',N'',N''',N'''-オクタフェニルジベンゾ[g, p]クリセン-2,7,10,15-テトラアミン(略称: DBC1)、9-フェニル-3-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾ

ール（略称：PCzPA）、3, 6-ジフェニル-9-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール（略称：DPCzPA）、9, 10-ビス（3, 5-ジフェニルフェニル）アントラセン（略称：DPPA）、9, 10-ジ（2-ナフチル）アントラセン（略称：DNA）、2-tert-ブチル-9, 10-ジ（2-ナフチル）アントラセン（略称：t-BuDNA）、9, 9'-ビアントリル（略称：BANT）、9, 9'-（スチルベン-3, 3'-ジイル）ジフェナントレン（略称：DPNS）、9, 9'-（スチルベン-4, 4'-ジイル）ジフェナントレン（略称：DPNS2）、1, 3, 5-トリ（1-ピレニル）ベンゼン（略称：TPB3）などを挙げることができる。また、これら及び公知の物質の中から、上記ゲスト材料142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。

[0139]

なお、発光層140は2層以上の複数層でもって構成することもできる。例えば、第1の発光層と第2の発光層を正孔輸送層側から順に積層して発光層140とする場合、第1の発光層のホスト材料として正孔輸送性を有する物質を用い、第2の発光層のホスト材料として電子輸送性を有する物質を用いる構成などがある。

[0140]

《正孔注入層》

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

[0141]

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

メチル) ベンゼンアセトニトリル]、 $\alpha$ 、 $\alpha'$ 、 $\alpha''$  - 1, 2, 3-シクロプロパントリイリデントリス [2, 3, 4, 5, 6-ペンタフルオロベンゼンアセトニトリル] などが挙げられる。また、遷移金属酸化物、例えば第4族から第8族金属の酸化物を用いることができる。具体的には、酸化バナジウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化クロム、酸化モリブデン、酸化タングステン、酸化マンガン、酸化レニウムなどである。中でも酸化モリブデンは大気中でも安定であり、吸湿性が低く、扱いやすいため好ましい。

[0142]

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

[0143]

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

[0144]

また、カルバゾール誘導体としては、具体的には、3-[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール (略称: PCzDPA1)、3, 6-ビス [N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール (略称: PCzDPA2)、3, 6-ビス [N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-(1-ナフチル)アミノ]-9-フェニルカルバゾール (略称: PCzTPN2)、3-[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール (略称: PCzPCA1)、3, 6-ビス [N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール (略称: PCzPCA2)、3-[N-(1-ナフチル)-N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)アミノ]-9-フェニルカルバゾール (略称: PCzPCN1) 等を挙げることができる。

[0145]

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

[0146]

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

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

[0147]

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

[0148]

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

[0149]

さらに、正孔輸送性の高い材料としては、例えば、4, 4'—ビス [N— (1—ナフチル)—N—フェニルアミノ] ビフェニル (略称: NPBまたは $\alpha$ —NPD) やN, N'—ビス (3—メチルフェニル)—N, N'—ジフェニル— [1, 1'—ビフェニル]—4, 4'—ジアミン (略称: TPD)、4, 4', 4''—トリス (カルバゾール—9—イル) トリフェニルアミン (略称: TCTA)、4, 4', 4''—トリス [N— (1—ナフチル)—N—フェニルアミノ] トリフェニルアミン (略称: 1—TNATA)、4, 4', 4''—トリス (N, N—ジフェニルアミノ) トリフェニルアミン (略称: TDATA)、4, 4', 4''—トリス [N— (3—メチルフェニル)—N—フェニルアミノ] トリフェニルアミン (略称: MTDATA)、4, 4'—ビス [N— (スピロ—9, 9'—ビフルオレン—2—イル)—N—フェニルアミノ] ビフェニル (略称: BSPB)、4—フェニル—4'— (9—フェニルフルオレン—9—イル) トリフェニルアミン (略称: BPAPLP)、4—フェニル—3'— (9—フェニルフルオレン—9—イル) トリフェニルアミン (略称: mBPAPLP)、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)、3, 6-ジ(9H-カルバゾール-9-イル)-9-フェニル-9H-カルバゾール (略称: PhCzGI)、2, 8-ジ(9H-カルバゾール-9-イル)-ジベンゾチオフエン (略称: Cz2DBT)、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-III)、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-III)、1, 3, 5-トリ (ジベンゾチオフエン-4-イル) ベンゼン (略称: DBT3P-III)、2, 8-ジフェニル-4-[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル) フェニル] ジベンゾチオフエン (略称: DBTFLP-III)、4-[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル) フェニル]-6-フェニルジベンゾチオフエン (略称: DBTFLP-IV)、4-[3-(トリフェニレン-2-イル) フェニル] ジベンゾチオフエン (略称: mDBTPTp-III)、3, 6-ビス[4-(2-ナフチル) フェニル]-9-フェニル-9H-カルバゾール (略称:  $\beta$ NP2PC)、N, N-ビス[4-(ジベンゾフラン-4-イル) フェニル]-4-アミノ-p-テルフェニル (略称: DBfBB1TP) 等のアミン化合物、カルバゾール化合物、

チオフェン化合物、フラン化合物、フルオレン化合物、トリフェニレン化合物、フェナントレン化合物等を用いることができる。上述した化合物の中でも、ピロール骨格、フラン骨格、チオフェン骨格、芳香族アミン骨格の少なくとも一を有する化合物は、安定で信頼性が良好であり好ましい。また、当該骨格を有する化合物は、正孔輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与する。

[0150]

#### 《正孔輸送層》

正孔輸送層112は正孔輸送材料を含む層であり、正孔注入層111の材料として例示した正孔輸送材料を使用することができる。正孔輸送層112は正孔注入層111に注入された正孔を発光層140へ輸送する機能を有するため、正孔注入層111のHOMO準位と同じ、あるいは近いHOMO準位を有することが好ましい。なお、正孔輸送層112が複数の層からなる場合、図2(C)に示すようにHOMO準位が階段状になるように正孔輸送層112に用いる材料が選択されると好ましい。

[0151]

また、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質であることが好ましい。但し、電子よりも正孔の輸送性の高い物質であれば、これら以外のものを用いてもよい。なお、正孔輸送性の高い物質を含む層は、単層のものだけでなく、上記物質からなる層が二層以上積層したものとしてもよい。

[0152]

#### 《電子輸送層》

電子輸送層118は、電子注入層119を経て対の電極の他方（電極101または電極102）から注入された電子を発光層140へ輸送する機能を有する。電子輸送性材料としては、正孔よりも電子の輸送性の高い材料を用いることができ、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上の電子移動度を有する材料であることが好ましい。本発明の一態様の有機化合物も好適に用いることができる。電子を受け取りやすい化合物（電子輸送性を有する材料）としては、含窒素複素芳香族化合物のような $\pi$ 電子不足型複素芳香族や金属錯体などを用いることができる。具体的には、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、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、フェナントロリン誘導体、ピリジン誘導体、ビピリジン誘導体、ピリミジン誘導体、トリアジン誘導体などが挙げられる。なお、正孔よりも電子の輸送性の高い物質であれば、上記以外の物質を電子輸送層として用いても構わない。また、電子輸送層118は、単層のものだけでなく、上記物質からなる層が二層以上積層したものとしてもよい。

[0153]

具体的には、例えば、トリス（8-キノリノラト）アルミニウム（III）（略称：Alq）、トリス（4-メチル-8-キノリノラト）アルミニウム（III）（略称：Almq<sub>3</sub>）、ビス（10-ヒドロキシベンゾ[h]キノリナト）ベリリウム（II）（略称：BeBq<sub>2</sub>）、ビス（2-メチル-8-キノリノラト）（4-フェニルフェノラト）アルミニウム（III）（略称：BALq）、ビス（8-キノリノラト）亜鉛（II）（略称：Znq）など、キノリン骨格またはベンゾキノリン骨格を有する金属錯体等が挙げられる。また、この他ビス〔2-（2-ベンゾオキサゾリル）フェノラト〕亜鉛（II）（略称：ZnPBO）、ビス〔2-（2-ベンゾチアゾリル）フェノラト〕亜鉛（II）（略称：ZnBTZ）などのオキサゾール系、または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:CO11)、3-(4-ビフェニル)-4-フェニル-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,2,4-トリアゾール(略称:TAZ)、9-[4-(4,5-ジフェニル-4H-1,2,4-トリアゾール-3-イル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称:CzTAZ1)、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-(ジベンゾチオフエン-4-イル)フェニル]-1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール(略称:mDBTBIm-Il)、バソフェナントロリン(略称:Bphen)、2,9-ビス(ナフタレン-2-イル)-4,7-ジフェニル-1,10-フェナントロリン(略称:NBPhen)、バソキュプロイン(略称:BCP)などの複素環化合物や、2-[3-(ジベンゾチオフエン-4-イル)フェニル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:2mDBTPDBq-Il)、2-[3'-(ジベンゾチオフエン-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-Il)、2-[3'-(9H-カルバゾール-9-イル)ビフェニル-3-イル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:2mCzBPDBq)、2-[4-(3,6-ジフェニル-9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:2CzPDBq-III)、7-[3-(ジベンゾチオフエン-4-イル)フェニル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:7mDBTPDBq-Il)、及び、6-[3-(ジベンゾチオフエン-4-イル)フェニル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:6mDBTPDBq-Il)、2-[3-(3,9'-ビ-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:2mCzCzPDBq)、4,6-ビス[3-(フェナントレン-9-イル)フェニル]ピリミジン(略称:4,6mPnP2Pm)、4,6-ビス[3-(4-ジベンゾチエニル)フェニル]ピリミジン(略称:4,6mDBTP2Pm-Il)、4,6-ビス[3-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]ピリミジン(略称:4,6mCzP2Pm)などのジアジン骨格を有する複素環化合物や、2-{4-[3-(N-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)-9H-カルバゾール-9-イル]フェニル}-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン(略称:PCCzPTzn)などのトリアジン骨格を有する複素環化合物や、3,5-ビス[3-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]ピリジン(略称:35DCzPPy)、1,3,5-トリ[3-(3-ピリジル)フェニル]ベンゼン(略称:TmPyPB)などのピリジン骨格を有する複素環化合物、4,4'-ビス(5-メチルベンゾオキサゾール-2-イル)スチルベン(略称:BzOs)などの複素芳香族化合物も用いることができる。上述した複素環化合物の中でも、トリアジン骨格、ジアジン(ピリミジン、ピラジン、ピリダジン)骨格、及びピリジン骨格の少なくとも一を有する複素環化合物は、安定で信頼性が良好であり好ましい。また、当該骨格を有する複素環化合物は、電子輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与する。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-ジオクタフルフルオレン-2,7-ジイル)-co-(2,2'-ビピリジン-6,6'-ジイル)](略称:PF-BPy)のような高分子化合物を用いることもできる。ここに述べた物質は、主に $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上の電子移動度を有する物質である。

[0154]

なお、正孔よりも電子の輸送性の高い物質であれば、上記以外の物質を電子輸送層として用いても構わない。また、電子輸送層118は、単層のものだけでなく、上記物質からなる層が二層以上積層したものとしてもよい。

[0155]

また、電子輸送層118と発光層140との間にキャリアの移動を制御する層を設けても良い。これは上述したような電子輸送性の高い材料に、電子トラップ性の高い物質を少量添加した層であって、キャリアの移動を抑制することによって、キャリアバランスを調節することが可能となる。このような構成は、発光層を電子が突き抜けてしまうことにより発生する問題（例えば素子寿命の低下）の抑制に大きな効果を発揮する。

[0156]

また、n型の化合物半導体を用いても良く、例えば、酸化チタン、酸化亜鉛、酸化ケイ素、酸化錫、酸化タングステン、酸化タンタル、チタン酸バリウム、ジルコン酸バリウム、酸化ジルコニウム、酸化ハフニウム、酸化アルミニウム、酸化イットリウム、ケイ酸ジルコニウムのような酸化物、窒化ケイ素のような窒化物、硫化カドミウム、セレン化亜鉛及び硫化亜鉛等も用いることができる。

[0157]

《電子注入層》

電子注入層119は電極102からの電子注入障壁を低減することで電子注入を促進する機能を有し、例えば第1族金属、第2族金属、あるいはこれらの酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩などを用いることができる。また、先に示す電子輸送性材料と、これに対して電子供与性を示す材料の複合材料を用いることもできる。電子供与性を示す材料としては、第1族金属、第2族金属、あるいはこれらの酸化物などを挙げることができる。具体的には、フッ化リチウム、フッ化ナトリウム、フッ化セシウム、フッ化カルシウム、リチウム酸化物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、フッ化エルビウムのような希土類金属化合物を用いることができる。また、電子注入層119にエレクトライドを用いてもよい。該エレクトライドとしては、例えば、カルシウムとアルミニウムの混合酸化物に電子を高濃度添加した物質等が挙げられる。また、電子注入層119に、電子輸送層118で用いることが出来る物質を用いても良い。

[0158]

また、電子注入層119に、有機化合物と電子供与体（ドナー）とを混合してなる複合材料を用いてもよい。このような複合材料は、電子供与体によって有機化合物に電子が発生するため、電子注入性及び電子輸送性に優れている。この場合、有機化合物としては、発生した電子の輸送に優れた材料であることが好ましく、具体的には、例えば上述した電子輸送層118を構成する物質（金属錯体や複素芳香族化合物等）を用いることができる。電子供与体としては、有機化合物に対し電子供与性を示す物質であればよい。具体的には、アルカリ金属やアルカリ土類金属や希土類金属が好ましく、リチウム、ナトリウム、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。

[0159]

なお、上述した、発光層、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、及び電子注入層は、それぞれ、

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

[0160]

《量子ドット》

量子ドットは、数 nm から数十 nm サイズの半導体ナノ結晶であり、 $1 \times 10^3$  個から  $1 \times 10^6$  個程度の原子から構成されている。量子ドットはサイズに依存してエネルギーシフトするため、同じ物質から構成される量子ドットであっても、サイズによって発光波長が異なる。そのため、用いる量子ドットのサイズを変更することによって、容易に発光波長を変更することができる。

[0161]

また、量子ドットは、発光スペクトルのピーク幅が狭いため、色純度のよい発光を得ることができる。さらに、量子ドットの理論的な内部量子効率ほぼ 100% であると言われており、蛍光発光を呈する有機化合物の 25% を大きく上回り、燐光発光を呈する有機化合物と同等となっている。このことから、量子ドットを発光材料として用いることによって発光効率の高い発光素子を得ることができる。その上、無機材料である量子ドットは、その本質的な安定性にも優れているため、寿命の観点からも好ましい発光素子を得ることができる。

[0162]

量子ドットを構成する材料としては、第 14 族元素、第 15 族元素、第 16 族元素、複数の第 14 族元素からなる化合物、第 4 族から第 14 族に属する元素と第 16 族元素との化合物、第 2 族元素と第 16 族元素との化合物、第 13 族元素と第 15 族元素との化合物、第 13 族元素と第 17 族元素との化合物、第 14 族元素と第 15 族元素との化合物、第 11 族元素と第 17 族元素との化合物、酸化鉄類、酸化チタン類、カルコゲナイドスピネル類、半導体クラスターなどを挙げることができる。

[0163]

具体的には、セレン化カドミウム、硫化カドミウム、テルル化カドミウム、セレン化亜鉛、酸化亜鉛、硫化亜鉛、テルル化亜鉛、硫化水銀、セレン化水銀、テルル化水銀、砒化インジウム、リン化インジウム、砒化ガリウム、リン化ガリウム、窒化インジウム、窒化ガリウム、アンチモン化インジウム、アンチモン化ガリウム、リン化アルミニウム、砒化アルミニウム、アンチモン化アルミニウム、セレン化鉛、テルル化鉛、硫化鉛、セレン化インジウム、テルル化インジウム、硫化インジウム、セレン化ガリウム、硫化砒素、セレン化砒素、テルル化砒素、硫化アンチモン、セレン化アンチモン、テルル化アンチモン、硫化ビスマス、セレン化ビスマス、テルル化ビスマス、ケイ素、炭化ケイ素、ゲルマニウム、錫、セレン、テルル、ホウ素、炭素、リン、窒化ホウ素、リン化ホウ素、砒化ホウ素、窒化アルミニウム、硫化アルミニウム、硫化バリウム、セレン化バリウム、テルル化バリウム、硫化カルシウム、セレン化カルシウム、テルル化カルシウム、硫化ベリリウム、セレン化ベリリウム、テルル化ベリリウム、硫化マグネシウム、セレン化マグネシウム、硫化ゲルマニウム、セレン化ゲルマニウム、テルル化ゲルマニウム、硫化錫、セレン化錫、テルル化錫、酸化鉛、フッ化銅、塩化銅、臭化銅、ヨウ化銅、酸化銅、セレン化銅、酸化ニッケル、酸化コバルト、硫化コバルト、酸化鉄、硫化鉄、酸化マンガン、硫化モリブデン、酸化バナジウム、酸化タングステン、酸化タンタル、酸化チタン、酸化ジルコニウム、窒化ケイ素、窒化ゲルマニウム、酸化アルミニウム、チタン酸バリウム、セレンと亜鉛とカドミウムの化合物、インジウムと砒素とリンの化合物、カドミウムとセレンと硫黄の

化合物、カドミウムとセレンとテルルの化合物、インジウムとガリウムと砒素の化合物、インジウムとガリウムとセレンの化合物、インジウムとセレンと硫黄の化合物、銅とインジウムと硫黄の化合物、及びこれらの組合せなどを挙げることができるが、これらに限定されるものではない。また、組成が任意の比率で表される、いわゆる合金型量子ドットを用いても良い。例えば、カドミウムとセレンと硫黄の合金型量子ドットは、元素の含有比率を変化させることで発光波長を変えることができるため、青色発光を得るには有効な手段の一つである。

#### [0164]

量子ドットの構造としては、コア型、コア-シェル型、コア-マルチシェル型などがあり、そのいずれを用いても良いが、コアを覆ってより広いバンドギャップを持つ別の無機材料でシェルを形成することによって、ナノ結晶表面に存在する欠陥やダングリングボンドの影響を低減することができる。これにより、発光の量子効率が大きく改善するためコア-シェル型やコア-マルチシェル型の量子ドットを用いることが好ましい。シェルの材料の例としては、硫化亜鉛や酸化亜鉛が挙げられる。

#### [0165]

また、量子ドットは、表面原子の割合が高いことから、反応性が高く、凝集が起こりやすい。そのため、量子ドットの表面には保護剤が付着している又は保護基が設けられていることが好ましい。当該保護剤が付着している又は保護基が設けられていることによって、凝集を防ぎ、溶媒への溶解性を高めることができる。また、反応性を低減させ、電気的安定性を向上させることも可能である。保護剤（又は保護基）としては、例えば、ポリオキシエチレンラウリルエーテル、ポリオキシエチレンステアリルエーテル、ポリオキシエチレンオレイルエーテル等のポリオキシエチレンアルキルエーテル類、トリプロピルホスフィン、トリブチルホスフィン、トリヘキシルホスフィン、トリオクチルホスフィン等のトリアルキルホスフィン類、ポリオキシエチレン  $n$ -オクチルフェニルエーテル、ポリオキシエチレン  $n$ -ノニルフェニルエーテル等のポリオキシエチレンアルキルフェニルエーテル類、トリ（ $n$ -ヘキシル）アミン、トリ（ $n$ -オクチル）アミン、トリ（ $n$ -デシル）アミン等の第3級アミン類、トリプロピルホスフィンオキシド、トリブチルホスフィンオキシド、トリヘキシルホスフィンオキシド、トリオクチルホスフィンオキシド、トリデシルホスフィンオキシド等の有機リン化合物、ポリエチレングリコールジラウレート、ポリエチレングリコールジステアレート等のポリエチレングリコールジエステル類、また、ピリジン、ルチジン、コリジン、キノリン類等の含窒素芳香族化合物等の有機窒素化合物、ヘキシルアミン、オクチルアミン、デシルアミン、ドデシルアミン、テトラデシルアミン、ヘキサデシルアミン、オクタデシルアミン等のアミノアルカン類、ジブチルスルフィド等のジアルキルスルフィド類、ジメチルスルホキシドやジブチルスルホキシド等のジアルキルスルホキシド類、チオフェン等の含硫黄芳香族化合物等の有機硫黄化合物、パルミチン酸、ステアリン酸、オレイン酸等の高級脂肪酸、アルコール類、ソルビタン脂肪酸エステル類、脂肪酸変性ポリエステル類、3級アミン変性ポリウレタン類、ポリエチレンイミン類等が挙げられる。

#### [0166]

量子ドットは、サイズが小さくなるに従いバンドギャップが大きくなるため、所望の波長の光が得られるように、そのサイズを適宜調整する。結晶のサイズが小さくなるにつれて、量子ドットの発光は青色側へ、つまり、高エネルギー側へシフトするため、量子ドットのサイズを変更させることにより、紫外領域、可視領域、赤外領域のスペクトルの波長領域にわたって、その発光波長を調整することができる。量子ドットのサイズ（直径）は、0.5 nm以上20 nm以下、好ましくは1 nm以上10 nm以下の範囲のものが通常良く用いられる。なお、量子ドットはそのサイズ分布が狭いほど、

より発光スペクトルが狭線化し、色純度の良好な発光を得ることができる。また、量子ドットの形状は特に限定されず、球状、棒状、円盤状、その他の形状であってもよい。なお、棒状の量子ドットである量子ロッドは、指向性を有する光を呈する機能を有するため、量子ロッドを発光材料として用いることにより、より外部量子効率が良好な発光素子を得ることができる。

[0167]

ところで、有機EL素子では多くの場合、発光材料をホスト材料に分散し、発光材料の濃度消光を抑制することによって発光効率を高めている。ホスト材料は発光材料以上の一重項励起エネルギー準位または三重項励起エネルギー準位を有する材料であることが必要である。特に、青色燐光材料を発光材料に用いる場合においては、それ以上の三重項励起エネルギー準位を有し、且つ、寿命の観点で優れたホスト材料が必要であり、その開発は困難を極めている。ここで、量子ドットは、ホスト材料を用いずに量子ドットのみで発光層を構成しても発光効率を保つことができるため、この点でも寿命という観点から好ましい発光素子を得ることができる。量子ドットのみで発光層を形成する場合には、量子ドットはコアシェル構造（コアマルチシェル構造を含む）であることが好ましい。

[0168]

発光層の発光材料に量子ドットを用いる場合、当該発光層の膜厚は3 nm以上100 nm以下、好ましくは10 nm以上100 nm以下とし、発光層中の量子ドットの含有率は1以上100体積%以下とする。ただし、量子ドットのみで発光層を形成することが好ましい。なお、当該量子ドットを発光材料としてホストに分散した発光層を形成する場合は、ホスト材料に量子ドットを分散させる、またはホスト材料と量子ドットとを適当な液媒体に溶解または分散させてウェットプロセス（スピコート法、キャスト法、ダイコート法、ブレードコート法、ロールコート法、インクジェット法、印刷法、スプレーコート法、カーテンコート法、ラングミュア・ブロッコ法など）により形成すればよい。燐光性の発光材料を用いた発光層については、上記ウェットプロセスの他、真空蒸着法も好適に利用することができる。

[0169]

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

[0170]

《一対の電極》

電極101及び電極102は、発光素子の陽極または陰極としての機能を有する。電極101及び電極102は、金属、合金、導電性化合物、及びこれらの混合物や積層体などを用いて形成することができる。

[0171]

電極101または電極102の一方は、光を反射する機能を有する導電性材料により形成されると好ましい。該導電性材料としては、アルミニウム（Al）またはAlを含む合金等が挙げられる。Alを含む合金としては、AlとL（Lは、チタン（Ti）、ネオジム（Nd）、ニッケル（Ni）、及びランタン（La）の一つまたは複数を表す）とを含む合金等が挙げられ、例えばAlとTi、またはAlとNiとLaを含む合金等である。アルミニウムは、抵抗値が低く、光の反射率が高い。ま

た、アルミニウムは、地殻における存在量が多く、安価であるため、アルミニウムを用いることによる発光素子の作製コストを低減することができる。また、銀 (A g)、またはA gとN (Nは、イットリウム (Y)、Nd、マグネシウム (M g)、イッテルビウム (Y b)、Al、Ti、ガリウム (G a)、亜鉛 (Z n)、インジウム (I n)、タングステン (W)、マンガン (M n)、スズ (S n)、鉄 (F e)、Ni、銅 (C u)、パラジウム (P d)、イリジウム (I r)、または金 (A u) の一つまたは複数を表す) とを含む合金等を用いても良い。銀を含む合金としては、例えば、銀とパラジウムと銅を含む合金、銀と銅を含む合金、銀とマグネシウムを含む合金、銀とニッケルを含む合金、銀と金を含む合金、銀とイッテルビウムを含む合金等が挙げられる。その他、タングステン、クロム (C r)、モリブデン (M o)、銅、チタンなどの遷移金属を用いることができる。

[0172]

また、発光層から得られる発光は、電極101及び電極102の一方または双方を通して取り出される。したがって、電極101及び電極102の少なくとも一方は、光を透過する機能を有する導電性材料により形成されると好ましい。該導電性材料としては、可視光の透過率が40%以上100%以下、好ましくは60%以上100%以下であり、かつその抵抗率が $1 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ 以下の導電性材料が挙げられる。

[0173]

また、電極101及び電極102は、光を透過する機能と、光を反射する機能と、を有する導電性材料により形成されても良い。該導電性材料としては、可視光の反射率が20%以上80%以下、好ましくは40%以上70%以下であり、かつその抵抗率が $1 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ 以下の導電性材料が挙げられる。例えば、導電性を有する金属、合金、導電性化合物などを1種又は複数種用いて形成することができる。具体的には、例えば、インジウム錫酸化物 (Indium Tin Oxide、以下ITO)、珪素または酸化珪素を含むインジウム錫酸化物 (略称: ITSO)、酸化インジウム-酸化亜鉛 (Indium Zinc Oxide)、チタンを含有した酸化インジウム-錫酸化物、インジウム-チタン酸化物、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウムなどの金属酸化物を用いることができる。また、光を透過する程度 (好ましくは、1nm以上30nm以下の厚さ) の金属薄膜を用いることができる。金属としては、例えば、A g、またはA gとAl、A gとM g、A gとAu、A gとY bなどの合金等を用いることができる。

[0174]

なお、本明細書等において、光を透過する機能を有する材料は、可視光を透過する機能を有し、且つ導電性を有する材料であればよく、例えば上記のようなITOに代表される酸化物導電体に加えて、酸化物半導体、または有機物を含む有機導電体を含む。有機物を含む有機導電体としては、例えば、有機化合物と電子供与体 (ドナー) とを混合してなる複合材料、有機化合物と電子受容体 (アクセプター) とを混合してなる複合材料等が挙げられる。また、グラフェンなどの無機炭素系材料を用いても良い。また、当該材料の抵抗率としては、好ましくは $1 \times 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下、さらに好ましくは $1 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下である。

[0175]

また、上記の材料の複数を積層することによって電極101及び電極102の一方または双方を形成してもよい。

[0176]

また、光取り出し効率を向上させるため、光を透過する機能を有する電極と接して、該電極より屈

折率の高い材料を形成してもよい。このような材料としては、可視光を透過する機能を有する材料であればよく、導電性を有する材料であっても有さない材料であってもよい。例えば、上記のような酸化物導電体に加えて、酸化物半導体、有機物が挙げられる。有機物としては、例えば、発光層、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、または電子注入層に例示した材料が挙げられる。また、無機炭素系材料や光が透過する程度の金属薄膜も用いることができ、数 nm 以上数十 nm 以下の層を複数積層させてもよい。

[0177]

電極 101 または電極 102 が陰極としての機能を有する場合には、仕事関数が小さい ( $3.8\text{ eV}$  以下) 材料を有することが好ましい。例えば、元素周期表の第 1 族又は第 2 族に属する元素 (リチウム、ナトリウム、セシウム等のアルカリ金属、カルシウム、ストロンチウム等のアルカリ土類金属、マグネシウム等)、これら元素を含む合金 (例えば、Ag と Mg、Al と Li)、ユーロピウム (Eu)、Yb 等の希土類金属、これら希土類金属を含む合金、アルミニウム、銀を含む合金等を用いることができる。

[0178]

また、電極 101 または電極 102 を陽極として用いる場合、仕事関数の大きい ( $4.0\text{ eV}$  以上) 材料を用いることが好ましい。

[0179]

また、電極 101 及び電極 102 は、光を反射する機能を有する導電性材料と、光を透過する機能を有する導電性材料との積層としてもよい。その場合、電極 101 及び電極 102 は、発光層からの所望の光を共振させ、その波長を強めることができるように、光学距離を調整する機能を有することができるため好ましい。

[0180]

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

[0181]

《基板》

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

[0182]

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

[0183]

例えば、本明細書等においては、様々な基板を用いて発光素子を形成することが出来る。基板の種類は、特定のものに限定されることはない。その基板の一例としては、半導体基板 (例えば単結晶基

板又はシリコン基板)、SOI基板、ガラス基板、石英基板、プラスチック基板、金属基板、ステンレス・スチル基板、ステンレス・スチル・ホイルを有する基板、タングステン基板、タングステン・ホイルを有する基板、可撓性基板、貼り合わせフィルム、繊維状の材料を含む紙、又は基材フィルムなどがある。ガラス基板の一例としては、バリウムホウケイ酸ガラス、アルミノホウケイ酸ガラス、又はソーダライムガラスなどがある。可撓性基板、貼り合わせフィルム、基材フィルムなどの一例としては、以下のものがあげられる。例えば、ポリエチレンテレフタレート (PET)、ポリエチレンナフタレート (PEN)、ポリエーテルスルホン (PES)、ポリテトラフルオロエチレン (PTFE) に代表されるプラスチックがある。または、一例としては、アクリル等の樹脂などがある。または、一例としては、ポリプロピレン、ポリエステル、ポリフッ化ビニル、又はポリ塩化ビニルなどがある。または、一例としては、ポリアミド、ポリイミド、アラミド、エポキシ、無機蒸着フィルム、又は紙類などがある。

[0184]

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

[0185]

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

[0186]

また、上述した基板上に、例えば電界効果トランジスタ (FET) を形成し、FETと電氣的に接続された電極上に発光素子110を作製してもよい。これにより、FETによって発光素子110の駆動を制御するアクティブマトリクス型の表示装置を作製できる。

[0187]

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。または、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、本実施の形態及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。例えば、本発明の一態様として、発光素子に適用した場合の例を示したが、本発明の一態様は、これに限定されない。例えば、場合によっては、または、状況に応じて、本発明の一態様は、発光素子に適用しなくてもよい。

[0188]

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

[0189]

## (実施の形態 4)

本実施の形態においては、実施の形態 3 に示す発光素子の構成と異なる構成の発光素子について、図 3 を用いて、以下説明を行う。なお、図 3 において、図 1 (A) に示す符号と同様の機能を有する箇所には、同様のハッチパターンとし、符号を省略する場合がある。また、同様の機能を有する箇所には、同様の符号を付し、その詳細な説明は省略する場合がある。

[0190]

## &lt;発光素子の構成例 4&gt;

図 3 は、発光素子 250 の断面模式図である。

[0191]

図 3 に示す発光素子 250 は、一対の電極（電極 101 及び電極 102）の間に、複数の発光ユニット（発光ユニット 106 及び発光ユニット 108）を有する。複数の発光ユニットのうちいずれか一つの発光ユニットは、図 1 (A) または図 2 (A) に示した、EL 層 100 または EL 層 103 と同様な構成を有すると好ましい。つまり、図 1 (A) または図 2 (A) で示した発光素子 150 または発光素子 152 は、1 つの発光ユニットを有し、発光素子 250 は、複数の発光ユニットを有すると好ましい。なお、発光素子 250 において、電極 101 が陽極として機能し、電極 102 が陰極として機能するとして、以下説明するが、発光素子 250 の構成としては、逆であっても構わない。

[0192]

また、図 3 に示す発光素子 250 において、発光ユニット 106 と発光ユニット 108 とが積層されており、発光ユニット 106 と発光ユニット 108 との間には電荷発生層 115 が設けられる。なお、発光ユニット 106 と発光ユニット 108 は、同じ構成でも異なる構成でもよい。例えば、発光ユニット 108 に、EL 層 100 と同様な構成を用いると好ましい。

[0193]

また、発光素子 250 は、発光層 120 と、発光層 170 と、を有する。また、発光ユニット 106 は、発光層 170 の他に、正孔注入層 111、正孔輸送層 112、電子輸送層 113、及び電子注入層 114 を有する。また、発光ユニット 108 は、発光層 120 の他に、正孔注入層 116、正孔輸送層 117、電子輸送層 118、及び電子注入層 119 を有する。

[0194]

発光素子 250 は発光ユニット 106 及び発光ユニット 108 が有するいずれかの層に本発明の一態様に係る有機化合物が含まれていればよい。なお、該有機化合物が含まれる層として好ましくは発光層 120 または発光層 170 である。

[0195]

電荷発生層 115 は、正孔輸送材料に電子受容体であるアクセプター性物質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であるドナー性物質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。

[0196]

電荷発生層 115 に、有機化合物とアクセプター性物質の複合材料が含まれる場合、該複合材料には実施の形態 3 に示す正孔注入層 111 に用いることができる複合材料を用いればよい。有機化合物としては、芳香族アミン化合物、カルバゾール化合物、芳香族炭化水素、高分子化合物（オリゴマー、 dendroliマー、ポリマー等）など、種々の化合物を用いることができる。なお、有機化合物としては、正孔移動度が  $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  以上であるものを適用することが好ましい。ただし、電

子よりも正孔の輸送性の高い物質であれば、これら以外のものを用いてもよい。有機化合物とアクセプター性物質の複合材料は、キャリア注入性、キャリア輸送性に優れているため、低電圧駆動、低電流駆動を実現することができる。なお、発光ユニットの陽極側の面が電荷発生層 115 に接している場合は、電荷発生層 115 が該発光ユニットの正孔注入層または正孔輸送層の役割も担うことができるため、該発光ユニットには正孔注入層または正孔輸送層を設けない構成であっても良い。あるいは、発光ユニットの陰極側の面が電荷発生層 115 に接している場合は、電荷発生層 115 が該発光ユニットの電子注入層または電子輸送層の役割も担うことができるため、該発光ユニットには電子注入層または電子輸送層を設けない構成であっても良い。

[0197]

なお、電荷発生層 115 は、有機化合物とアクセプター性物質の複合材料を含む層と他の材料により構成される層を組み合わせた積層構造として形成してもよい。例えば、有機化合物とアクセプター性物質の複合材料を含む層と、電子供与性物質の中から選ばれた一の化合物と電子輸送性の高い化合物とを含む層とを組み合わせて形成してもよい。また、有機化合物とアクセプター性物質の複合材料を含む層と、透明導電膜を含む層とを組み合わせて形成してもよい。

[0198]

なお、発光ユニット 106 と発光ユニット 108 とに挟まれる電荷発生層 115 は、電極 101 と電極 102 とに電圧を印加したときに、一方の発光ユニットに電子を注入し、他方の発光ユニットに正孔を注入するものであれば良い。例えば、図 3 において、電極 101 の電位の方が電極 102 の電位よりも高くなるように電圧を印加した場合、電荷発生層 115 は、発光ユニット 106 に電子を注入し、発光ユニット 108 に正孔を注入する。

[0199]

なお、電荷発生層 115 は、光取出し効率の点から、可視光に対して透光性（具体的には、電荷発生層 115 に対する可視光の透過率が 40% 以上）を有することが好ましい。また、電荷発生層 115 は、一対の電極（電極 101 及び電極 102）よりも低い導電率であっても機能する。

[0200]

上述した材料を用いて電荷発生層 115 を形成することにより、発光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。

[0201]

また、図 3 においては、2つの発光ユニットを有する発光素子について説明したが、3つ以上の発光ユニットを積層した発光素子についても、同様に適用することが可能である。発光素子 250 に示すように、一対の電極間に複数の発光ユニットを電荷発生層で仕切って配置することで、電流密度を低く保ったまま、高輝度発光を可能とし、さらに長寿命な発光素子を実現できる。また、消費電力が低い発光素子を実現することができる。

[0202]

なお、上記各構成において、発光ユニット 106 及び発光ユニット 108 に用いるゲスト材料が呈する発光色としては、互いに同じであっても異なってもよい。発光ユニット 106 及び発光ユニット 108 で互いに同じ色の発光を呈する機能を有するゲスト材料を有する場合、発光素子 250 は少ない電流値で高い発光輝度を呈する発光素子となり好ましい。また、発光ユニット 106 及び発光ユニット 108 で互いに異なる色の発光を呈する機能を有するゲスト材料を有する場合、発光素子 250 は多色発光を呈する発光素子となり好ましい。この場合、発光層 120 及び発光層 170 の

いずれか一方もしくは双方に発光波長の異なる複数の発光材料を用いることによって、発光素子 250 が呈する発光スペクトルは異なる発光ピークを有する発光が合成された光となるため、少なくとも二つの極大値を有する発光スペクトルとなる。

[0203]

上記の構成は白色発光を得るためにも好適である。発光層 120 及び発光層 170 の光を互いに補色の関係とすることによって、白色発光を得ることができる。特に、演色性の高い白色発光、あるいは少なくとも赤色と緑色と青色とを有する発光、になるようゲスト材料を選択することが好適である。

[0204]

また、3 つ以上の発光ユニットを積層した発光素子の場合、それぞれの発光ユニットに用いるゲスト材料が呈する発光色は、互いに同じであっても異なってもよい。同色の発光を呈する発光ユニットを複数有する場合、この複数の発光ユニットが呈する発光色は、その他の色と比較して、少ない電流値で高い発光輝度を得ることができる。このような構成は、発光色の調整に好適に用いることができる。特に、発光効率が異なり且つ、異なる発光色を呈するゲスト材料を用いる場合に好適である。例えば、3 層の発光ユニットを有する場合、同色の蛍光材料を有する発光ユニットを 2 層、該蛍光材料とは異なる発光色を呈するりん光材料を有する発光ユニットを 1 層とすることで、蛍光発光とりん光発光の発光強度を調整することができる。すなわち、発光ユニットの数によって発光色の強度を調整可能である。

[0205]

このような蛍光発光ユニットを 2 層、りん光発光ユニットを 1 層有する発光素子の場合、青色蛍光材料を含む発光ユニットを 2 層及び黄色りん光材料を含む発光ユニットを 1 層含有する発光素子、青色蛍光材料を含む発光ユニットを 2 層及び、赤りん光材料及び緑りん光材料を含む発光層ユニットを 1 層有する発光素子または、青色蛍光材料を含む発光ユニットを 2 層及び赤りん光材料、黄色りん光材料及び緑りん光材料を含む発光層ユニットを 1 層有する発光素子、であると効率良く白色発光が得られるため好ましい。

[0206]

また、発光層 120 または発光層 170 の少なくとも一つを層状にさらに分割し、当該分割した層ごとに異なる発光材料を含有させるようにしても良い。すなわち、発光層 120、または発光層 170 の少なくとも一つが 2 層以上の複数層でもって構成することもできる。例えば、第 1 の発光層と第 2 の発光層を正孔輸送層側から順に積層して発光層とする場合、第 1 の発光層のホスト材料として正孔輸送性を有する材料を用い、第 2 の発光層のホスト材料として電子輸送性を有する材料を用いる構成などがある。この場合、第 1 の発光層と第 2 の発光層とが有する発光材料は、同じ材料であっても異なる材料であってもよく、同じ色の発光を呈する機能を有する材料であっても、異なる色の発光を呈する機能を有する材料であってもよい。互いに異なる色の発光を呈する機能を有する複数の発光材料を有する構成により、三原色や、4 色以上の発光色からなる演色性の高い白色発光を得ることができる。

[0207]

また、発光ユニット 108 の発光層がりん光性化合物を有すると好適である。なお、複数のユニットのうち、少なくとも一つのユニットに、本発明の一態様に係る有機化合物を適用することによって、発光効率、信頼性が良好な発光素子を提供することができる。

[0208]

なお、本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせることが可能である。

[0209]

(実施の形態5)

本実施の形態では実施の形態3及び実施の形態4で説明した発光素子を用いた発光装置について、図4(A)及び図4(B)を用いて説明する。

[0210]

<発光装置の構成例1>図4(A)は、発光装置を示す上面図、図4(B)は図4(A)をA-BおよびC-Dで切断した断面図である。この発光装置は、発光素子の発光を制御するものとして、点線で示された駆動回路部(ソース側駆動回路)601、画素部602、駆動回路部(ゲート側駆動回路)603を含んでいる。また、604は封止基板、625は乾燥材、605はシール材であり、シール材605で囲まれた内側は、空間607になっている。

[0211]

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

[0212]

次に、上記発光装置の断面構造について図4(B)を用いて説明する。素子基板610上に駆動回路部及び画素部が形成されているが、ここでは、駆動回路部であるソース側駆動回路601と画素部602中の一つの画素が示されている。

[0213]

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

[0214]

また、画素部602はスイッチング用TFT611と電流制御用TFT612とそのドレインに電氣的に接続された第1の電極613とを含む画素により形成される。なお、第1の電極613の端部を覆うように絶縁物614が形成されている。絶縁物614は、ポジ型の感光性樹脂膜を用いることにより形成することができる。

[0215]

また、絶縁物614上に形成される膜の被覆性を良好なものとするため、絶縁物614の上端部または下端部に曲率を有する面が形成されるようにする。例えば、絶縁物614の材料として感光性アクリルを用いた場合、絶縁物614の上端部のみに曲面をもたせることが好ましい。該曲面の曲率半径は0.2 $\mu$ m以上0.3 $\mu$ m以下が好ましい。また、絶縁物614として、ネガ型、ポジ型、いずれの感光材料も使用することができる。

[0216]

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

[0217]

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

[0218]

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

[0219]

なお、第1の電極613、EL層616、第2の電極617により、発光素子618が形成されている。発光素子618は実施の形態3及び実施の形態4の構成を有する発光素子であると好ましい。なお、画素部は複数の発光素子が形成されてになっているが、本実施の形態における発光装置では、実施の形態3及び実施の形態4で説明した構成を有する発光素子と、それ以外の構成を有する発光素子の両方が含まれていても良い。

[0220]

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

[0221]

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

[0222]

以上のようにして、実施の形態3及び実施の形態4で説明した発光素子を用いた発光装置を得ることができる。

[0223]

## &lt;発光装置の構成例2&gt;

図5には表示装置の一例として、白色発光を呈する発光素子を形成し、着色層（カラーフィルタ）を形成した発光装置の例を示す。

[0224]

図5（A）には基板1001、下地絶縁膜1002、ゲート絶縁膜1003、ゲート電極1006、1007、1008、第1の層間絶縁膜1020、第2の層間絶縁膜1021、周辺部1042、画素部1040、駆動回路部1041、発光素子の第1の電極1024W、1024R、1024G、1024B、隔壁1026、EL層1028、発光素子の第2の電極1029、封止基板1031、シール材1032、赤色画素1044R、緑色画素1044G、青色画素1044B、白色画素1044Wなどが図示されている。

[0225]

また、図5（A）、図5（B）には着色層（赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B）を透明な基材1033に設けている。また、黒色層（ブラックマトリックス）1035をさらに設けても良い。着色層及び黒色層が設けられた透明な基材1033は、位置合わせし、基板1001に固定する。なお、着色層、及び黒色層は、オーバーコート層1036で覆われている。また、図5（A）、図5（B）においては、光が着色層を透過せずに外部へ出る発光層と、各色の着色層を透過して外部に光が出る発光層とがあり、着色層を透過しない光は白、着色層を透過する光は赤、青、緑となることから、4色の画素で映像を表現することができる。

[0226]

図5（B）では赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B）をゲート絶縁膜1003と第1の層間絶縁膜1020との間に形成する例を示した。図5（B）に示すように着色層は基板1001と封止基板1031の間に設けられても良い。

[0227]

また、以上に説明した発光装置では、TFTが形成されている基板1001側に光を取り出す構造（ボトムエミッション型）の発光装置としたが、封止基板1031側に発光を取り出す構造（トップエミッション型）の発光装置としても良い。

[0228]

## &lt;発光装置の構成例3&gt;

トップエミッション型の発光装置の断面図を図6に示す。この場合、基板1001は光を通さない基板を用いることができる。TFTと発光素子の陽極とを接続する接続電極を作製するまでは、ボトムエミッション型の発光装置と同様に形成する。その後、第3の層間絶縁膜1037を電極1022を覆って形成する。この絶縁膜は平坦化の役割を担っていても良い。第3の層間絶縁膜1037は第2の層間絶縁膜1021と同様の材料の他、他の様々な材料を用いて形成することができる。

[0229]

発光素子の第1の下部電極1025W、下部電極1025R、下部電極1025G、下部電極1025Bはここでは陽極とするが、陰極であっても構わない。また、図6のようなトップエミッション型の発光装置である場合、下部電極1025W、下部電極1025R、下部電極1025G、下部電極1025Bは反射電極とすることが好ましい。なお、第2の電極1029は光を反射する機能と、光を透過する機能を有すると好ましい。また、第2の電極1029と下部電極1025W、下部電極1025R、下部電極1025G、下部電極1025Bとの間でマイクロキャビティ構造を適用し特定

波長の光を増幅する機能を有すると好ましい。E L層 1 0 2 8 の構成は、実施の形態 3 及び実施の形態 4 で説明したような構成とし、白色の発光が得られるような素子構造とする。

[ 0 2 3 0 ]

図 5 (A)、図 5 (B)、図 6 において、白色の発光が得られる E L 層の構成としては、発光層を複数層用いること、複数の発光ユニットを用いることなどにより実現すればよい。なお、白色発光を得る構成はこれらに限られない。

[ 0 2 3 1 ]

図 6 のようなトップエミッション構造では着色層 (赤色の着色層 1 0 3 4 R、緑色の着色層 1 0 3 4 G、青色の着色層 1 0 3 4 B) を設けた封止基板 1 0 3 1 で封止を行うことができる。封止基板 1 0 3 1 には画素と画素との間に位置するように黒色層 (ブラックマトリックス) 1 0 3 0 を設けても良い。着色層 (赤色の着色層 1 0 3 4 R、緑色の着色層 1 0 3 4 G、青色の着色層 1 0 3 4 B) や黒色層 (ブラックマトリックス) はオーバーコート層によって覆われていても良い。なお封止基板 1 0 3 1 は透光性を有する基板を用いる。

[ 0 2 3 2 ]

また、ここでは赤、緑、青、白の 4 色でフルカラー表示を行う例を示したが特に限定されず、赤、緑、青の 3 色でフルカラー表示を行ってもよい。また、赤、緑、青、黄の 4 色でフルカラー表示を行ってもよい。

[ 0 2 3 3 ]

以上のようにして、実施の形態 3 及び実施の形態 4 で説明した発光素子を用いた発光装置を得ることができる。

[ 0 2 3 4 ]

なお、本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせることが可能である。

[ 0 2 3 5 ]

(実施の形態 6)

本実施の形態では、本発明の一態様の電子機器について説明する。

[ 0 2 3 6 ]

本発明の一態様は有機 E L を用いた発光素子であるため、平面を有し、発光効率が良好な、信頼性の高い電子機器を作製できる。また、本発明の一態様により、曲面を有し、発光効率が良好な、信頼性の高い電子機器を作製できる。また、該電子機器に本発明の一態様の有機化合物を用いることで、発光効率が良好な、信頼性の高い電子機器を作製できる。

[ 0 2 3 7 ]

電子機器としては、例えば、テレビジョン装置、デスクトップ型もしくはノート型のパーソナルコンピュータ、コンピュータ用などのモニタ、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラ、デジタルフォトフレーム、携帯電話機、携帯型ゲーム機、携帯情報端末、音響再生装置、パチンコ機などの大型ゲーム機などが挙げられる。

[ 0 2 3 8 ]

図 7 (A)、(B) に示す携帯情報端末 9 0 0 は、筐体 9 0 1、筐体 9 0 2、表示部 9 0 3、及びヒンジ部 9 0 5 等を有する。

[ 0 2 3 9 ]

筐体 9 0 1 と筐体 9 0 2 は、ヒンジ部 9 0 5 で連結されている。携帯情報端末 9 0 0 は、折り畳んだ

状態（図7（A））から、図7（B）に示すように展開させることができる。これにより、持ち運ぶ際には可搬性に優れ、使用するときには大きな表示領域により、視認性に優れる。

[0240]

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

[0241]

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

[0242]

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

[0243]

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

[0244]

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

[0245]

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

[0246]

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

[0247]

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

[0248]

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

[0249]

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

[0250]

図7 (C) に示す携帯情報端末910は、筐体911、表示部912、操作ボタン913、外部接続ポート914、スピーカ915、マイク916、カメラ917等を有する。

[0251]

本発明の一態様を用いて作製された発光装置を、表示部912に用いることができる。これにより、高信頼性を有する携帯情報端末を作製することができる。

[0252]

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

[0253]

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

[0254]

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

[0255]

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

[0256]

図7 (D) に示すカメラ920は、筐体921、表示部922、操作ボタン923、シャッターボタン924等を有する。またカメラ920には、着脱可能なレンズ926が取り付けられている。

[0257]

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

[0258]

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

[0259]

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

[0260]

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

[0261]

図8 (A) は腕時計型の携帯情報端末9200を、図8 (B) は腕時計型の携帯情報端末9201を、

それぞれ示す斜視図である。携帯情報端末 9200 はスピーカ 9003、操作キー 9005（電源スイッチ、又は操作スイッチを含む）、接続端子 9006、センサ 9007（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 9008、等を有することができる。携帯情報端末 9201 も同様である。

[0262]

図 8（A）に示す携帯情報端末 9200 は、移動電話、電子メール、文章閲覧及び作成、音楽再生、インターネット通信、コンピュータゲームなどの種々のアプリケーションを実行することができる。また、表示部 9001 はその表示面が湾曲して設けられ、湾曲した表示面に沿って表示を行うことができる。また、携帯情報端末 9200 は、通信規格された近距離無線通信を実行することが可能である。例えば無線通信可能なヘッドセットと相互通信することによって、ハンズフリーで通話することもできる。また、携帯情報端末 9200 は、接続端子 9006 を有し、他の情報端末とコネクタを介して直接データのやりとりを行うことができる。また接続端子 9006 を介して充電を行うこともできる。なお、充電動作は接続端子 9006 を介さずに無線給電により行ってもよい。

[0263]

図 8（B）に示す携帯情報端末 9201 は、図 8（A）に示す携帯情報端末と異なり、表示部 9001 の表示面が湾曲していない。また、携帯情報端末 9201 の表示部の外形が非矩形状（図 8（B）においては円形状）である。

[0264]

図 8（C）から（E）は、折り畳み可能な携帯情報端末 9202 を示す斜視図である。なお、図 8（C）が携帯情報端末 9202 を展開した状態の斜視図であり、図 8（D）が携帯情報端末 9202 を展開した状態または折り畳んだ状態の一方から他方に変化する途中の状態の斜視図であり、図 8（E）が携帯情報端末 9202 を折り畳んだ状態の斜視図である。

[0265]

携帯情報端末 9202 は、折り畳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。携帯情報端末 9202 が有する表示部 9001 は、ヒンジ 9055 によって連結された 3 つの筐体 9000 に支持されている。ヒンジ 9055 を介して 2 つの筐体 9000 間を屈曲させることにより、携帯情報端末 9202 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。例えば、携帯情報端末 9202 は、曲率半径 1 mm 以上 150 mm 以下で曲げることができる。

[0266]

図 9（A）は、掃除ロボットの一例を示す模式図である。

[0267]

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

[0268]

掃除ロボット 5100 は自走し、ゴミ 5120 を検知し、下面に設けられた吸い込み口からゴミを吸

引することができる。

[0269]

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

[0270]

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

[0271]

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

[0272]

本発明の一態様の発光装置はディスプレイ5101に用いることができる。

[0273]

図9(B)に示すロボット2100は、演算装置2110、照度センサ2101、マイクロフォン2102、上部カメラ2103、スピーカ2104、ディスプレイ2105、下部カメラ2106および障害物センサ2107、移動機構2108を備える。

[0274]

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

[0275]

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

[0276]

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

[0277]

本発明の一態様の発光装置はディスプレイ2105に用いることができる。

[0278]

図9(C)はゴーグル型ディスプレイの一例を表す図である。ゴーグル型ディスプレイは、例えば、筐体5000、表示部5001、スピーカ5003、LEDランプ5004、接続端子5006、セ

ンサ５００７（力、変位、位置、速度、加速度、角速度、回転数、距離、光、液、磁気、温度、化学物質、音声、時間、硬度、電場、電流、電圧、電力、放射線、流量、湿度、傾度、振動、におい、又は赤外線を測定する機能を含むもの）、マイクロフォン５００８、第２の表示部５００２、支持部５０１２、イヤホン５０１３等を有する。

[０２７９]

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

[０２８０]

また、図１０（Ａ）、（Ｂ）に、折りたたみ可能な携帯情報端末５１５０を示す。折りたたみ可能な携帯情報端末５１５０は筐体５１５１、表示領域５１５２および屈曲部５１５３を有している。図１０（Ａ）に展開した状態の携帯情報端末５１５０を示す。図１０（Ｂ）に折りたたんだ状態の携帯情報端末５１５０を示す。携帯情報端末５１５０は、大きな表示領域５１５２を有するにも関わらず、折りたためばコンパクトで可搬性に優れる。

[０２８１]

表示領域５１５２は屈曲部５１５３により半分に折りたたむことができる。屈曲部５１５３は伸縮可能な部材と複数の支持部材とで構成されており、折りたたむ場合は、伸縮可能な部材が伸びて、屈曲部５１５３は２mm以上、好ましくは５mm以上の曲率半径を有して折りたたまれる。

[０２８２]

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

[０２８３]

本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせることができる。

[０２８４]

（実施の形態７）

本実施の形態では、本発明の一態様の発光素子を様々な照明装置に適用する一例について、図１１及び図１２を用いて説明する。本発明の一態様である発光素子を用いることで、発光効率が良好な、信頼性の高い照明装置を作製できる。

[０２８５]

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

[０２８６]

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

[０２８７]

図１１（Ａ）は、多機能端末３５００の一方の面の斜視図を示し、図１１（Ｂ）は、多機能端末３５００の他方の面の斜視図を示している。多機能端末３５００は、筐体３５０２に表示部３５０４、カメラ３５０６、照明３５０８等が組み込まれている。本発明の一態様の発光装置を照明３５０８に用いることができる。

[０２８８]

照明３５０８は、本発明の一態様の発光装置を用いることで、面光源として機能する。したがって、ＬＥＤに代表される点光源と異なり、指向性が少ない発光が得られる。例えば、照明３５０８とカメ

ラ 3 5 0 6 とを組み合わせて用いる場合、照明 3 5 0 8 を点灯または点滅させて、カメラ 3 5 0 6 により撮像することができる。照明 3 5 0 8 としては、面光源としての機能を有するため、自然光の下で撮影したような写真を撮影することができる。

[0289]

なお、図 1 1 (A)、(B) に示す多機能端末 3 5 0 0 は、図 8 (A) から図 8 (C) に示す電子機器と同様に、様々な機能を有することができる。

[0290]

また、筐体 3 5 0 2 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）、マイクロフォン等を有することができる。また、多機能端末 3 5 0 0 の内部に、ジャイロ、加速度センサ等の傾きを検出するセンサを有する検出装置を設けることで、多機能端末 3 5 0 0 の向き（縦か横か）を判断して、表示部 3 5 0 4 の画面表示を自動的に切り替えるようにすることができる。

[0291]

表示部 3 5 0 4 は、イメージセンサとして機能させることもできる。例えば、表示部 3 5 0 4 に掌や指で触れ、掌紋、指紋等を撮像することで、本人認証を行うことができる。また、表示部 3 5 0 4 に近赤外光を発光するバックライト又は近赤外光を発光するセンシング用光源を用いれば、指静脈、掌静脈などを撮像することもできる。なお、表示部 3 5 0 4 に本発明の一態様の発光装置を適用してもよい。

[0292]

図 1 1 (C) は、防犯用のライト 3 6 0 0 の斜視図を示している。ライト 3 6 0 0 は、筐体 3 6 0 2 の外側に照明 3 6 0 8 を有し、筐体 3 6 0 2 には、スピーカ 3 6 1 0 等が組み込まれている。本発明の一態様の発光素子を照明 3 6 0 8 に用いることができる。

[0293]

ライト 3 6 0 0 は、例えば、照明 3 6 0 8 を握持する、掴持する、または保持することで発光することができる。また、筐体 3 6 0 2 の内部には、ライト 3 6 0 0 の発光方法を制御できる電子回路を備えていてもよい。該電子回路としては、例えば、1 回または間欠的に複数回、発光が可能なような回路としてもよいし、発光の電流値を制御することで発光の光量が調整可能なような回路としてもよい。また、照明 3 6 0 8 の発光と同時に、スピーカ 3 6 1 0 から大音量の警報音が出力されるような回路を組み込んでもよい。

[0294]

ライト 3 6 0 0 は、あらゆる方向に発光することが可能なため、例えば、暴漢等に向けて光、または光と音で威嚇することができる。また、ライト 3 6 0 0 はデジタルスチルカメラ等のカメラを備えることで、撮影機能を有していてもよい。

[0295]

図 1 2 は、発光素子を室内の照明装置 8 5 0 1 として用いた例である。なお、発光素子は大面積化も可能であるため、大面積の照明装置を形成することもできる。その他、曲面を有する筐体を用いることで、発光領域が曲面を有する照明装置 8 5 0 2 を形成することもできる。本実施の形態で示す発光素子は薄膜状であり、筐体のデザインの自由度が高い。したがって、様々な意匠を凝らした照明装置を形成することができる。さらに、室内の壁面に大型の照明装置 8 5 0 3 を備えても良い。また、

照明装置 8501、8502、8503に、タッチセンサを設けて、電源のオンまたはオフを行ってもよい。

[0296]

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

[0297]

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

[0298]

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

[実施例1]

[0299]

本実施例では、本発明の一態様である、一般式 (G1) で表される化合物の一つである、4-(9,10-ジフェニル-2-アントリル) ベンゾ [a] アントラセン (略称: 2aBAPA) (構造式 (100)) の合成方法と、該化合物の特性について説明する。

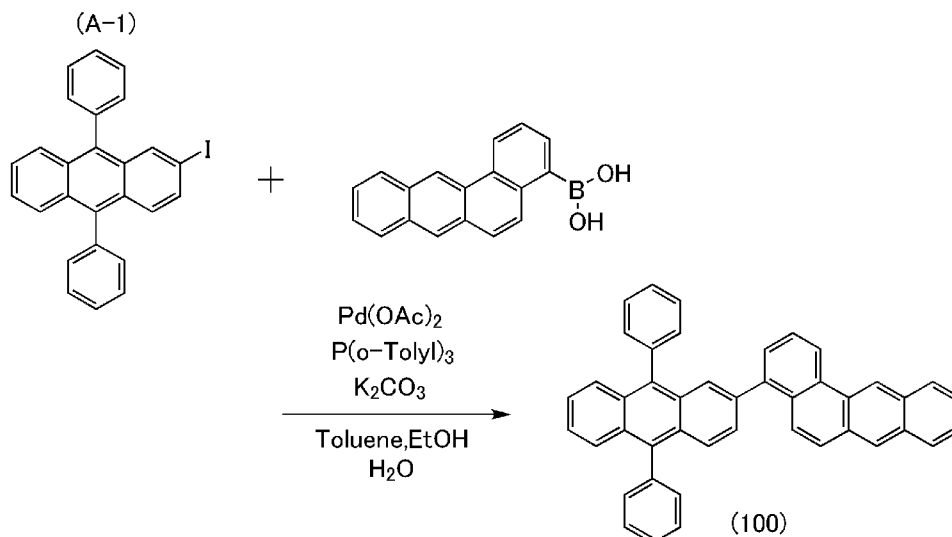
[0300]

<ステップ1: 2aBAPAの合成>

100 mL三口フラスコに2-ヨード-9,10-ジフェニルアントラセン1.1 g (2.4 mmol)、4-ベンゾ [a] アントラセンボロン酸0.80 g (2.9 mmol)、トリス (2-メチルフェニル) ホスフィン0.17 g (0.55 mmol)、炭酸カリウム0.71 g (5.1 mmol)を加え、フラスコ内を窒素置換した。この混合物にトルエン24 mL、エタノール3 mL、水3 mLを加え、減圧下で攪拌する事で脱気した。この混合物に、酢酸パラジウム (II) 37 mg (0.17 mmol)を加え、窒素気流下、80℃で11時間攪拌した。攪拌後、室温まで冷却し、混合物に水を加えて、水層をトルエンで抽出した。得られた有機層を、飽和食塩水で洗浄後、有機層を硫酸マグネシウムで乾燥した。この混合物を濾過し、濾液を濃縮して固体を得た。得られた固体のトルエン溶液をセライト (和光純薬工業株式会社、カタログ番号: 537-02305)、フロリジル (和光純薬工業株式会社、カタログ番号: 066-05265)、酸化アルミニウムを通して吸引濾過し、濾液を濃縮して固体を得た。得られた固体を、シリカゲルカラムクロマトグラフィー (トルエン: ヘキサン=1:6) で精製し、さらに高速液体クロマトグラフィー (展開溶媒: クロロホルム) で精製した。得られた固体をメタノールで洗浄したところ、目的物の淡黄色粉末を収量1.0 g、収率74%で得た。本合成スキームを下記 (A-1) に示す。

[0301]

[化 27]



[0302]

得られた固体 1.5 g をトレインサブリーメーション法により昇華精製した。圧力 4.0 Pa、アルゴン流量 5 mL/min の条件で、270℃、16 時間加熱して行った。昇華精製後、4-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)ベンゾ[a]アントラセンの黄色粉末を 0.90 g、回収率 91% で得た。

[0303]

得られた固体の核磁気共鳴分光法 (<sup>1</sup>H NMR) による分析データを以下に示す。

[0304]

<sup>1</sup>H NMR (CDCl<sub>3</sub>, 300 MHz): δ = 7.33–7.78 (m, 21H)、7.82–7.86 (m, 2H)、8.01–8.04 (m, 1H)、8.11–8.15 (m, 1H)、8.33 (s, 1H)、8.85 (d, J = 7.8 Hz, 1H)、9.20 (s, 1H)。

[0305]

また、得られた固体の <sup>1</sup>H NMR チャートを図 13 (A) 及び図 13 (B) に示す。なお、図 13 (B) は図 13 (A) における 7.0 ppm から 9.5 ppm の範囲の拡大図である。測定結果から目的物である、2aBAPA が得られたことが分かった。

[0306]

< 2aBAPA の特性 >

2aBAPA のトルエン溶液の吸収スペクトルと発光スペクトルを図 14 に示す。また、薄膜の吸収スペクトルと発光スペクトルを図 15 に示す。固体薄膜は石英基板上に真空蒸着法にて作成した。トルエン溶液の吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計 ((株) 日本分光製 V550 型) を用いた。トルエンのみを石英セルに入れて測定したトルエンの吸収スペクトルを、2aBAPA のトルエン溶液の吸収スペクトルから差し引くことで、図 14 に示す 2aBAPA 溶液の吸収スペクトルを得た。また、薄膜の吸収スペクトルの測定には、分光光度計 ((株) 日立ハイテクノロジーズ製分光光度計 U4100) 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。

[0307]

図 14 より、2aBAPA のトルエン溶液は 402 nm、381 nm、364 nm、347 nm 付近

に吸収ピークが見られ、同様に図14より、発光波長のピークは421、443nm（励起波長381nm）であった。また、図15より、2aBAPAの薄膜は408nm、384nm、368nm付近に吸収ピークが見られ、同様に図15より、発光波長のピークは437、456nm付近（励起波長380nm）に見られた。2aBAPAは青色に発光することを確認した。本発明の一態様の化合物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。

[0308]

また、2aBAPAの薄膜は、大気下においても凝集しにくく、形態の変化が小さい良好な膜質であることがわかった。

[0309]

2aBAPA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。

[0310]

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。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<sup>+</sup>電極（ビー・エー・エス（株）製、RE7非水溶媒系参照電極）をそれぞれ用いた。なお、測定は室温（20以上25℃以下）で行った。また、CV測定時のスキャン速度は、0.1V/secに統一し、参照電極に対する酸化電位E<sub>a</sub> [V] および還元電位E<sub>c</sub> [V] を測定した。E<sub>a</sub>は酸化-還元波の中間電位とし、E<sub>c</sub>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<sub>a</sub>、LUMO準位 [eV] = -4.94 - E<sub>c</sub> 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。

[0311]

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。

[0312]

この結果、2aBAPAの酸化電位E<sub>a</sub> [V] の測定において、HOMO準位は-5.79 eVであることがわかった。一方、還元電位E<sub>c</sub> [V] の測定において、LUMO準位は-2.78 eVであることがわかった。

[実施例2]

[0313]

本実施例では、本発明の一態様である、一般式（G1）で表される化合物の一つである、7-（9,10-ジフェニル-2-アントリル）ベンゾ [a] アントラセン（略称：2aBAPA-02）（略称：2aBAPA-02）（構造式（101））の合成方法と、該化合物の特性について説明する。

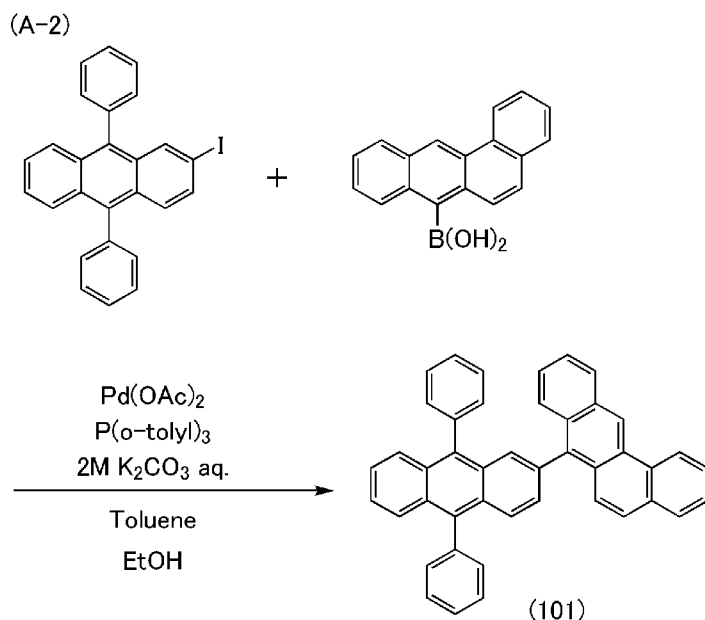
[0314]

<ステップ1：2 a B A P A - 0 2 の合成>

200 mL三口フラスコに2-ヨード-9,10-ジフェニルアントラセン2.3 g (5.0 mmol)、ベンゾ[a]アントラセン-7-ボロン酸1.4 g (5.0 mmol)、トリ(オルトトリル)ホスフィン0.15 g (0.50 mmol)、炭酸カリウム1.4 g (10 mmol)を加え、フラスコ内を窒素置換した。この混合物にトルエン20 mL、エタノール5.0 mL、水5.0 mLを加え、減圧下で攪拌する事で脱気した。この混合物に、酢酸パラジウム(II) 56 mg (0.25 mmol)を加え、窒素気流下、80℃で8時間攪拌した。攪拌後、この混合物の水層をトルエンで抽出し、抽出溶液と有機層を合わせて飽和食塩水で洗浄し、硫酸マグネシウムを加えて乾燥した。この混合物を自然濾過して得たる液を濃縮して得た油状物をシリカゲルカラムクロマトグラフィー(ヘキサン：トルエン=4：1)で精製し、続いてトルエンで再結晶したところ、目的物の黄色固体を収量2.3 g、収率83%で得た。本合成スキームを下記式(A-2)に示す。

[0315]

[化28]



[0316]

得られた黄色固体2.3 gをトレインサブレーション法により昇華精製した。圧力4.0 Pa、アルゴン流量5.0 mL/minの条件で、260℃で加熱して行った。昇華精製後、淡黄色固体を2.1 g、回収率93%で得た。

[0317]

得られた固体の核磁気共鳴分光法( $^1\text{H}$  NMR)による分析データを以下に示す。

[0318]

$^1\text{H}$  NMR ( $\text{DMSO}-d_6$ , 300 MHz):  $\delta = 7.37 - 7.75$  (m, 23H)、7.86 (d,  $J = 9.3$  Hz, 2H)、8.27 (d,  $J = 8.4$  Hz, 1H)、8.99 (d,  $J = 8.1$  Hz, 1H)、9.45 (s, 1H)。

[0319]

また、得られた固体の $^1\text{H}$  NMRチャートを図16(A)及び図16(B)に示す。なお、図16(B)は図16(A)における7.0 ppmから10.0 ppmの範囲の拡大図である。測定結果から目的物である、2 a B A P A - 0 2が得られたことが分かった。

[0320]

&lt;2aBAPA-02の特性&gt;

次に、2aBAPA-02のトルエン溶液の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを測定した結果を図17に示す。また、薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを図18に示す。測定は実施例1と同様に行った。

[0321]

図17の結果より、2aBAPA-02のトルエン溶液では、400nm、375nm、360nm、340nm付近に吸収ピークが見られ、429nm（励起波長375nm）に発光波長のピークが見られた。また、図18の結果より、2aBAPA-02の固体薄膜では、403nm、379nm、363nm、344nm、302nm付近に吸収ピークが見られ、461nm付近（励起波長380nm）に発光波長のピークが見られた。

[0322]

なお、2aBAPA-02は青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、2aBAPA-02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、2aBAPA-02の薄膜は、大気下においても凝集しにくく、形態の変化が小さい良好な膜質であることがわかった。

[0323]

次に、2aBAPA-02のCV測定を行った。測定は実施例1と同様の方法で行った。

[0324]

この結果、2aBAPA-02の酸化電位 $E_a$  [V]の測定において、HOMO準位は-5.80eV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-2.78eV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、 $E_a$ 測定においては82%、 $E_c$ 測定においては82%のピーク強度を保っていたことから、2aBAPA-02は酸化、及び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。

[実施例3]

[0325]

本実施例では、本発明の一態様である、一般式(G1)で表される化合物の一つである、4-[9,10-ジ(1-ナフチル)-2-アントリル]ベンゾ[a]アントラセン(略称:2aBA $\alpha$ DNA)(構造式(102))の合成方法と、該化合物の特性について説明する。

[0326]

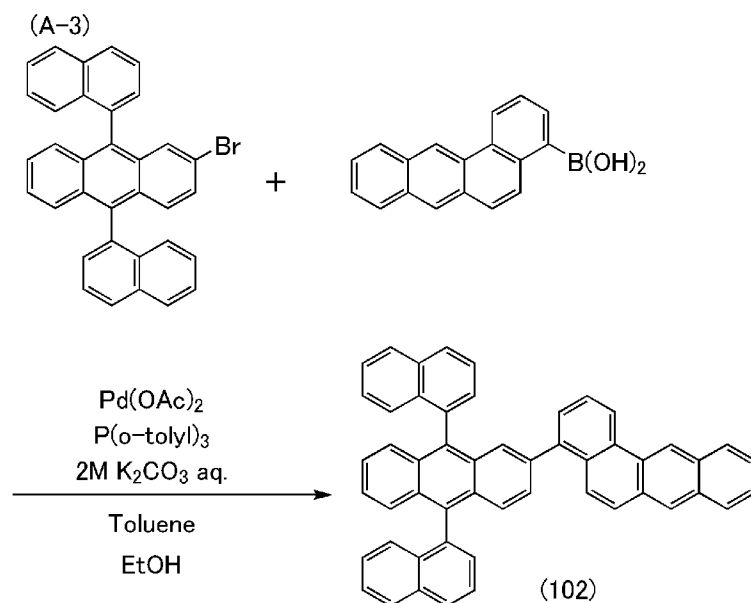
<ステップ1:2aBA $\alpha$ DNAの合成>

200mL三口フラスコに2-ブロモ-9,10-ジ(1-ナフチル)アントラセン1.1g(2.2mmol)、ベンゾ[a]アントラセン-4-ボロン酸0.82g(5.0mmol)、トリ(オルト-トリル)ホスフィン67mg(0.22mmol)、炭酸カリウム0.61g(4.4mmol)を加え、フラスコ内を窒素置換した。この混合物にトルエン9.0mL、エタノール2.0mL、水2.0mLを加え、減圧下で攪拌する事で脱気した。この混合物に、酢酸パラジウム(II)25mg(0.11mmol)を加え、窒素気流下、80℃で4時間攪拌した。攪拌後、この混合物を吸引濾過して得た固体をシリカゲルカラムクロマトグラフィー(ヘキサン:トルエン=4:1)で精製し、続いてトルエンで再結晶したところ、目的物の淡黄色固体を収量1.0g、収率71%で得た。本合

成スキームを下記式（A-3）に示す。

[0327]

[化29]



[0328]

得られた淡黄色固体0.95 gをトレインサブレーション法により昇華精製した。圧力4.0 Pa、アルゴン流量5.0 mL/minの条件で、290℃で加熱して行った。昇華精製後、黄色固体を0.89 g、回収率94%で得た。

[0329]

得られた固体の核磁気共鳴分光法（ $^1\text{H}$  NMR）による分析データを以下に示す。

[0330]

$^1\text{H}$  NMR (DMSO- $d_6$ , 300 MHz):  $\delta$  = 7.16–7.88 (m, 23H)、8.02–8.09 (m, 3H)、8.13–8.23 (m, 3H)、8.40 (s, 1H)、8.89 (d,  $J$  = 8.1 Hz, 1H)、9.33 (s, 1H)。

[0331]

また、得られた固体の $^1\text{H}$  NMRチャートを図19 (A) 及び図19 (B) に示す。なお、図19 (B) は図19 (A) における7.0 ppmから9.5 ppmの範囲の拡大図である。測定結果から目的物である、2aBA $\alpha$ DNAが得られたことが分かった。

[0332]

<2aBA $\alpha$ DNAの特性>

次に、2aBA $\alpha$ DNAのトルエン溶液の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを測定した結果を図20に示す。また、薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを図21に示す。測定は実施例1と同様に行った。

[0333]

図20より、2aBA $\alpha$ DNAのトルエン溶液では、404 nm、382 nm、364 nm、347 nm付近に吸収ピークが見られ、419 nm、442 nm（励起波長382 nm）に発光波長のピークが見られた。また、図21の結果より、2aBA $\alpha$ DNAの固体薄膜では、409 nm、386 nm、367 nm、289 nm、269 nm付近に吸収ピークが見られ、434 nm、467 nm、5

01 nm、542 nm、585 nm付近（励起波長390 nm）に発光波長のピークが見られた。

[0334]

なお、2aBA $\alpha$ DNAは青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、2aBA $\alpha$ DNA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、2aBA $\alpha$ DNAの薄膜は、大気下においても凝集しにくく、形態の変化が小さい良好な膜質であることがわかった。

[0335]

次に、2aBA $\alpha$ DNAのCV測定を行った。測定は実施例1と同様の方法で行った。

[0336]

この結果、2aBA $\alpha$ DNAの酸化電位E<sub>a</sub> [V] の測定において、HOMO準位は-5.83 eVであることがわかった。一方、還元電位E<sub>c</sub> [V] の測定において、LUMO準位は-2.81 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<sub>a</sub> 測定においては70%、E<sub>c</sub> 測定においては74%のピーク強度を保っていたことから、2aBA $\alpha$ DNAは酸化、及び還元に対する耐性が良好であることが確認された。

[実施例4]

[0337]

本実施例では、本発明の一態様である、一般式(G1)で表される化合物の一つである、4-[10-(1-ナフチル)-9-フェニル-2-アントリル]ベンゾ[a]アントラセン（略称：3aBA- $\alpha$ NPhA）（構造式(103)）の合成方法と、該化合物の特性について説明する。

[0338]

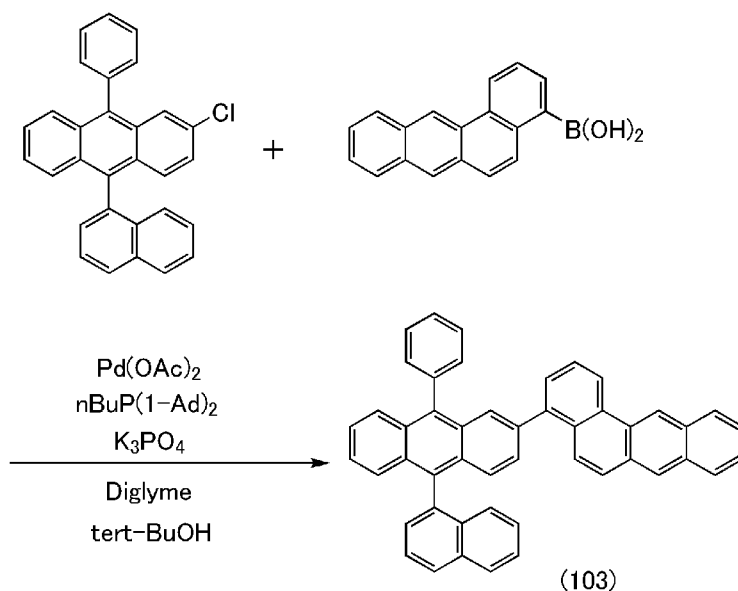
<ステップ1：3aBA- $\alpha$ NPhAの合成>

200 mL三口フラスコに2-クロロ-10-(1-ナフチル)-9-フェニルアントラセン2.0 g (4.8 mmol)、ベンゾ[a]アントラセン-4-ボロン酸1.3 g (4.8 mmol)、ジ(1-アダマンチル)-n-ブチルホスフィン0.17 g (0.48 mmol)、リン酸三カリウム3.2 g (15 mmol)、tert-ブチルアルコール1.1 g (15 mmol)を加え、フラスコ内を窒素置換した。この混合物にジエチレングリコールジメチルエーテル24 mLを加え、減圧下で攪拌する事で脱気した。この混合物に、酢酸パラジウム(II) 54 mg (0.24 mmol)を加え、窒素気流下、140℃で12時間攪拌した。攪拌後、この混合物を吸引濾過して得た固体をトルエンに溶解し、セライト・酸化アルミニウム・フロリジールを通して吸引濾過した。得られたろ液を濃縮して得た固体を、高速液体クロマトグラフィー(HPLC)により精製し、続いてトルエンで再結晶したところ、目的物の淡黄色固体を収量1.2 g、収率42%で得た。本合成スキームを下記式(A-4)に示す。

[0339]

[化 3 0]

(A-4)



[ 0 3 4 0 ]

得られた淡黄色固体 1.2 g をトレインサブリメーション法により昇華精製した。圧力 4.0 Pa、アルゴン流量 5.0 mL/min の条件で、290℃で加熱して行った。昇華精製後、白色固体を 1.1 g、回収率 93% で得た。

[ 0 3 4 1 ]

得られた固体の核磁気共鳴分光法 ( $^1\text{H}$  NMR) による分析データを以下に示す。

[ 0 3 4 2 ]

$^1\text{H}$  NMR (DMSO- $d_6$ , 300 MHz):  $\delta$  = 7.12 (d,  $J$  = 7.8 Hz, 1H)、7.32–7.84 (m, 22H)、8.09–8.23 (m, 4H)、8.46 (s, 1H)、8.98 (d,  $J$  = 7.8 Hz, 1H)、9.40 (s, 1H)。

[ 0 3 4 3 ]

また、得られた固体の  $^1\text{H}$  NMR チャートを図 22 (A) 及び図 22 (B) に示す。なお、図 22 (B) は図 22 (A) における 7.0 ppm から 9.5 ppm の範囲の拡大図である。測定結果から目的物である、3aBA- $\alpha$ NPhA が得られたことが分かった。

[ 0 3 4 4 ]

< 3aBA- $\alpha$ NPhA の特性 >

次に、3aBA- $\alpha$ NPhA のトルエン溶液の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを測定した結果を図 23 に示す。また、薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを図 24 に示す。測定は実施例 1 と同様に行った。

[ 0 3 4 5 ]

図 23 の結果より、3aBA- $\alpha$ NPhA のトルエン溶液では、403 nm、381 nm、364 nm、348 nm 付近に吸収ピークが見られ、420 nm、443 nm (励起波長 381 nm) に発光波長のピークが見られた。また、図 24 の結果より、3aBA- $\alpha$ NPhA の固体薄膜では、408 nm、385 nm、367 nm、293 nm、268 nm 付近に吸収ピークが見られ、434 nm、459 nm、496 nm、540 nm、590 nm 付近 (励起波長 380 nm) に発光波長のピーク

が見られた。

[0346]

なお、3aBA- $\alpha$ NPhAは青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、3aBA- $\alpha$ NPhA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、3aBA- $\alpha$ NPhAの薄膜は、大気下においても凝集しにくく、形態の変化が小さい良好な膜質であることがわかった。

[0347]

次に、3aBA- $\alpha$ NPhAのCV測定を行った。測定は実施例1と同様の方法で行った。

[0348]

この結果、3aBA- $\alpha$ NPhAの酸化電位 $E_a$  [V]の測定において、HOMO準位は-5.81 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-2.80 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、 $E_a$ 測定においては72%、 $E_c$ 測定においては69%のピーク強度を保っていたことから、3aBA- $\alpha$ NPhAは酸化に対する耐性が良好であることが確認された。

[実施例5]

[0349]

本実施例では、本発明の一態様である、一般式(G1)で表される化合物の一つである、4-[9-(1-ナフチル)-10-フェニル-2-アントリル]ベンゾ[a]アントラセン(略称:2aBA- $\alpha$ NPhA)(構造式(104))の合成方法と、該化合物の特性について説明する。

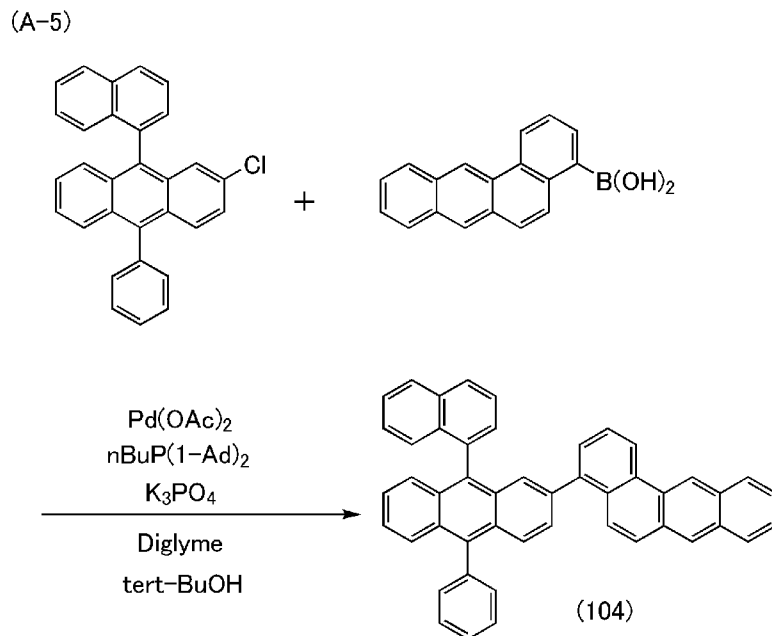
[0350]

<ステップ1:2aBA- $\alpha$ NPhAの合成>

200 mL三口フラスコに2-クロロ-9-(1-ナフチル)-10-フェニルアントラセン3.0 g (7.1 mmol)、ベンゾ[a]アントラセン-4-ボロン酸2.7 g (10 mmol)、ジ(1-アダマンチル)-n-ブチルホスフィン0.26 g (0.72 mmol)、リン酸三カリウム4.5 g (21 mmol)、tert-ブチルアルコール1.6 g (21 mmol)を加え、フラスコ内を窒素置換した。この混合物にジエチレングリコールジメチルエーテル36 mLを加え、減圧下で攪拌する事で脱気した。この混合物に、酢酸パラジウム(II)80 mg (0.36 mmol)を加え、窒素気流下、130℃で4時間攪拌した。攪拌後、この混合物を吸引濾過して得た固体をトルエンに溶解し、セライト・酸化アルミニウム・フロリジールを通して吸引濾過した。得られたろ液を濃縮して得た固体を、高速液体クロマトグラフィー(HPLC)により精製し、さらにトルエンで再結晶したところ、目的物の淡黄色固体を収量2.3 g、収率52%で得た。本合成スキームを下記式(A-5)に示す。

[0351]

[化 3 1]



[0352]

得られた淡黄色固体 2.3 g をトレインサブリメーション法により昇華精製した。圧力 3.8 Pa、アルゴン流量 5.0 mL/min の条件で、300℃で加熱して行った。昇華精製後、白色固体を 2.1 g、回収率 95% で得た。

[0353]

得られた固体の核磁気共鳴分光法 ( $^1\text{H}$  NMR) による分析データを以下に示す。

[0354]

$^1\text{H}$  NMR ( $\text{DMSO}-d_6$ , 300 MHz):  $\delta = 7.14$  (d,  $J = 8.1$  Hz, 1H)、7.30–7.74 (m, 21H)、7.84 (d,  $J = 8.7$  Hz, 1H)、8.00–8.10 (m, 3H)、8.18–8.21 (m, 1H)、8.41 (s, 1H)、8.90 (d,  $J = 8.1$  Hz, 1H)、9.34 (s, 1H)。

[0355]

また、得られた固体の  $^1\text{H}$  NMR チャートを図 25 (A) 及び図 25 (B) に示す。なお、図 25 (B) は図 25 (A) における 7.0 ppm から 9.5 ppm の範囲の拡大図である。測定結果から目的物である、2aBA- $\alpha$ NPhA が得られたことが分かった。

[0356]

< 2aBA- $\alpha$ NPhA の特性 >

次に、2aBA- $\alpha$ NPhA のトルエン溶液の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを測定した結果を図 26 に示す。また、薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを図 27 に示す。測定は実施例 1 と同様に行った。

[0357]

図 26 の結果より、2aBA- $\alpha$ NPhA のトルエン溶液では、403 nm、382 nm、364 nm、346 nm 付近に吸収ピークが見られ、420 nm、443 nm (励起波長 382 nm) に発光波長のピークが見られた。また、図 27 の結果より、2aBA- $\alpha$ NPhA の固体薄膜では、410 nm、386 nm、368 nm、291 nm、269 nm 付近に吸収ピークが見られ、433 nm、

457 nm付近（励起波長370 nm）に発光波長のピークが見られた。

[0358]

なお、2aBA- $\alpha$ NPhAは青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、2aBA- $\alpha$ NPhA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、2aBA- $\alpha$ NPhAの薄膜は、大気下においても凝集しにくく、形態の変化が小さい良好な膜質であることがわかった。

[0359]

次に、2aBA- $\alpha$ NPhAのCV測定を行った。測定は実施例1と同様の方法で行った。

[0360]

この結果、2aBA- $\alpha$ NPhAの酸化電位 $E_a$  [V] の測定において、HOMO準位は-5.82 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-2.79 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、 $E_a$ 測定においては73%、 $E_c$ 測定においては72%のピーク強度を保っていたことから、2aBA- $\alpha$ NPhAは酸化、及び還元に対する耐性が良好であることが確認された。

[実施例6]

[0361]

上記合成した、2aBAPA、2aBA- $\alpha$ NPhA及び3aBA- $\alpha$ NPhAに関して示差走査熱量測定（DSC測定）を行った。測定装置はパーキンエルマー社製、Pyris 1 DSCを用いた。測定は、2aBAPAの1サイクル目は-10℃から300℃まで速度40℃/minで昇温後、300℃で1分間保持し、その後300℃から-10℃まで速度100℃/minで降温した。2サイクル目は昇温速度を10℃/minとした以外は1サイクル目と同じ条件で測定を行った。また、3サイクル目は1サイクル目と同じ条件で測定を行った。2aBA- $\alpha$ NPhAの1サイクル目は-10℃から360℃まで速度40℃/minで昇温後、360℃で1分間保持し、その後360℃から-10℃まで速度100℃/minで降温した。2サイクル目は昇温速度を10℃/minとした以外は1サイクル目と同じ条件で測定を行った。また、3サイクル目は1サイクル目と同じ条件で測定を行った。3aBA- $\alpha$ NPhAの1サイクル目は-10℃から340℃まで速度40℃/minで昇温後、340℃で1分間保持し、その後340℃から-10℃まで速度100℃/minで降温した。2サイクル目は昇温速度を10℃/minとした以外は1サイクル目と同じ条件で測定を行った。また、3サイクル目は1サイクル目と同じ条件で測定を行った。

[0362]

本測定では、3サイクル測定し、3サイクル目の昇温時の結果からガラス転移温度： $T_g$ を読み取った。その結果を表1に示す。

[0363]

[表 1]

|                     | T <sub>g</sub> (°C) |
|---------------------|---------------------|
| 2aBAPA              | 154                 |
| 2aBA- $\alpha$ NPhA | 174                 |
| 3aBA- $\alpha$ NPhA | 178                 |

[0364]

表 1 より、本発明の一態様の有機化合物はいずれも T<sub>g</sub> が 150 °C を超える、耐熱性に優れた材料であることが分かった。2aBA- $\alpha$ NPhA 及び 3aBA- $\alpha$ NPhA は、2aBAPA よりも 20 °C 以上耐熱性に優れていることが分かった。

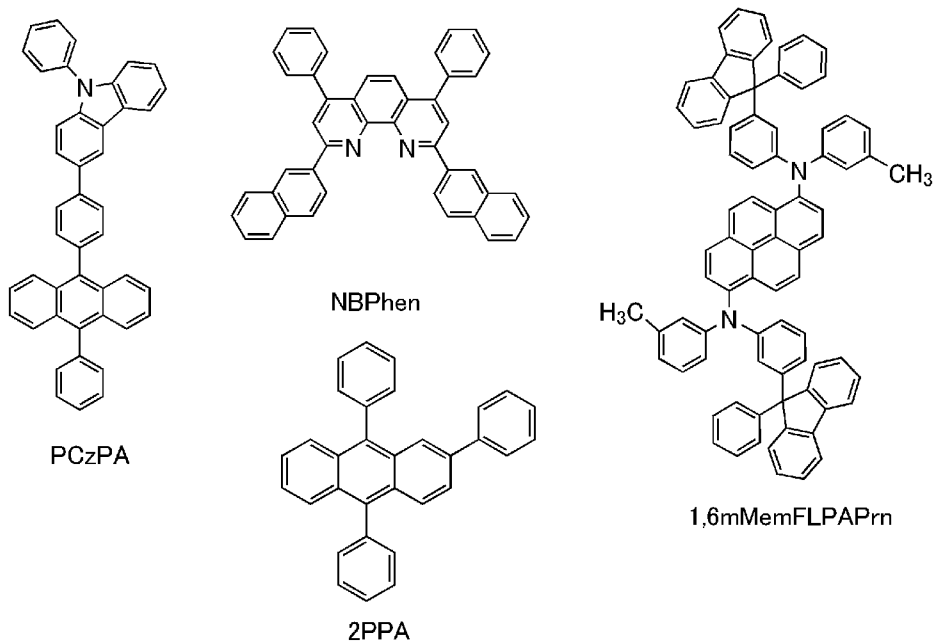
[実施例 7]

[0365]

本実施例では、本発明の一態様に係る有機化合物を含む発光素子及び比較発光素子の作製例と、当該発光素子の特性について説明する。本実施例で作製した発光素子の積層構造を図 1 (A) に示す。また、素子構造の詳細を表 2 に示す。また、本実施例で用いる有機化合物を以下に示す。なお、他の有機化合物については他の実施の形態または実施例を参照すればよい。

[0366]

[化 3 2]



[0367]

[表 2]

|                 | 層         | 符号     | 膜厚<br>(nm) | 材料                      | 重量比    |
|-----------------|-----------|--------|------------|-------------------------|--------|
| 比較<br>発光素子<br>1 | 電極        | 102    | 200        | Al                      | -      |
|                 | 電子注入層     | 119    | 1          | LiF                     | -      |
|                 | 電子<br>輸送層 | 118(2) | 10         | NBPhen                  | -      |
|                 |           | 118(1) | 15         | 2PPA                    | -      |
|                 | 発光層       | 140    | 25         | 2PPA :1,6mMemFLPAPrn    | 1:0.03 |
|                 | 正孔輸送層     | 112    | 30         | PCzPA                   | -      |
|                 | 正孔注入層     | 111    | 10         | PCzPA: MoO <sub>3</sub> | 1:0.5  |
|                 | 電極        | 101    | 70         | ITSO                    | -      |
| 発光素子<br>2       | 電極        | 102    | 200        | Al                      | -      |
|                 | 電子注入層     | 119    | 1          | LiF                     | -      |
|                 | 電子<br>輸送層 | 118(2) | 10         | NBPhen                  | -      |
|                 |           | 118(1) | 15         | 2aBAPA                  | -      |
|                 | 発光層       | 140    | 25         | 2aBAPA :1,6mMemFLPAPrn  | 1:0.03 |
|                 | 正孔<br>輸送層 | 112    | 30         | PCzPA                   | -      |
|                 | 正孔注入層     | 111    | 10         | PCzPA: MoO <sub>3</sub> | 1:0.5  |
|                 | 電極        | 101    | 70         | ITSO                    | -      |

[0368]

《比較発光素子1の作製》

ガラス基板上に電極101として、ITSO膜をスパッタリング法にて厚さが70nmになるように形成した。なお、電極101の電極面積は、4mm<sup>2</sup> (2mm×2mm)とした。次に基板上に発光素子を形成するための前処理として、基板表面を水で洗浄し、200℃で1時間乾燥させた後、UVオゾン処理を370秒行った。その後、 $1 \times 10^{-4}$ Pa程度の真空度に保たれた真空蒸着装置に基板を入れ、170℃で30分間のベークを行った。その後、基板を30分程度放冷した。

[0369]

次に、電極101上に正孔注入層111として、PCzPAと、酸化モリブデン(VI)(MoO<sub>3</sub>)と、を重量比(PCzPA:MoO<sub>3</sub>)が1:0.5になるように、且つ厚さが10nmになるように共蒸着した。

[0370]

次に、正孔注入層111上に正孔輸送層112として、PCzPAを厚さが30nmになるように蒸着した。

[0371]

次に、発光層140として、正孔輸送層112上に、2,9,10-トリフェニルアントラセン(略称:2PPA)と1,6mMemFLPAPrnとを、重量比(2PPA:1,6mMemFLPAPrn)が1:0.03になるように、且つ厚さが25nmになるように共蒸着した。なお、発光層140において、1,6mMemFLPAPrnは、蛍光発光を呈するゲスト材料である。

[0372]

次に、発光層140上に、電子輸送層118(1)として、2PPAを厚さが15nmになるよう蒸着した。次に、電子輸送層118(1)上に、電子輸送層118(2)として、NBPhenを厚さが10nmになるように、順次蒸着した。

[0373]

次に、電子輸送層 118 上に、電子注入層 119 として、LiF を厚さが 1 nm になるように蒸着した。

[0374]

次に、電子注入層 119 上に、電極 102 として、アルミニウム (Al) を厚さが 200 nm になるように形成した。

[0375]

次に、窒素雰囲気グローブボックス内において、封止材を用いて封止するために、発光素子を形成した基板とは別の基板（対向基板）を、発光素子を形成した基板に固定することで、発光素子 1 を封止した。具体的には、対向基板に乾燥剤を貼り、さらに発光素子を形成した範囲周辺に封止材を塗布した該対向基板と、発光素子を形成したガラス基板とを貼り合わせ、波長が 365 nm の紫外光を  $6 \text{ J} / \text{cm}^2$  照射し、80℃にて1時間熱処理した。以上の工程により比較発光素子 1 を得た。

[0376]

《発光素子 2 の作製》

発光素子 2 の作製工程は、先に示した比較発光素子 1 と発光層 140 及び電子輸送層 118 (1) の作製工程のみ異なり、その他の作製工程は比較発光素子 1 と同様である。発光素子 2 の素子構造は表 2 に示す通りであるため、詳細な作製工程に関しては省略する。なお、発光素子 2 の発光層 140 及び電子輸送層 118 (1) は比較発光素子 1 と同様に真空蒸着法により成膜した。

[0377]

比較発光素子 1 と発光素子 2 の素子構造は、発光層 140 に用いたホスト材料及び電子輸送層 118 (1) に用いた材料のみ異なり、その他の構成は両発光素子ともに同様である。なお、発光素子 2 は本発明の一態様の有機化合物である 2aBAPA を用いており、比較発光素子 1 は比較物質である 2PPA を用いている。

[0378]

＜発光素子の特性＞

次に、上記作製した比較発光素子 1 及び発光素子 2 の特性を測定した。輝度および CIE 色度の測定には色彩輝度計（トプコン社製、BM-5A）を用い、電界発光スペクトルの測定にはマルチチャンネル分光器（浜松ホトニクス社製、PMA-11）を用いた。

[0379]

比較発光素子 1 及び発光素子 2 の電流効率－輝度特性を図 28 に示す。また、電流密度－電圧特性を図 29 に示す。また、外部量子効率－輝度特性を図 30 に示す。なお、各発光素子の測定は室温（23℃に保たれた雰囲気）で行った。また、比較発光素子 1 及び発光素子 2 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 31 に示す。

[0380]

また、 $1000 \text{ cd} / \text{m}^2$  付近における、比較発光素子 1 及び発光素子 2 の素子特性を表 3 に示す。

[0381]

[表 3]

|                 | 電圧<br>(V) | 電流密度<br>(mA/cm <sup>2</sup> ) | CIE色度<br>(x, y) | 輝度<br>(cd/m <sup>2</sup> ) | 電流効率<br>(cd/A) | 電力効率<br>(lm/W) | 外部量子<br>効率(%) |
|-----------------|-----------|-------------------------------|-----------------|----------------------------|----------------|----------------|---------------|
| 比較<br>発光素子<br>1 | 3.80      | 10.3                          | (0.138, 0.153)  | 1165.0                     | 11.3           | 9.4            | 10.1          |
| 発光素子<br>2       | 3.40      | 7.59                          | (0.137, 0.183)  | 1076.0                     | 14.2           | 13.1           | 11.3          |

[0382]

図28及び表3で示すように、比較発光素子1及び発光素子2は高い電流効率を示した。特に、本発明の一態様に係る有機化合物を用いた発光素子2は視感度が低い青色発光であるにも関わらず、14cd/Aを超える、青色蛍光素子としては非常に高い電流効率を示した。

[0383]

図30及び表3で示すように、比較発光素子1及び発光素子2は高い外部量子効率を示した。特に、本発明の一態様に係る有機化合物を用いた発光素子2は外部量子効率が11%を超える、蛍光素子としては非常に外部量子効率を示した。よって、アントラセン骨格の2位にベンゾ[a]アントラセン骨格を有する有機化合物を用いた発光素子は電流効率及び外部量子効率が良好な発光素子を作成できることが分かった。また、アントラセン骨格の2位にフェニル基を有する有機化合物よりも、ベンゾ[a]アントラセン骨格を有する有機化合物の方が、発光効率が良好な発光素子を作製できることが分かった。

[0384]

なお、一对の電極から注入されたキャリア（正孔及び電子）の再結合によって生成する一重項励起子の生成確率は25%であるため、外部への光取り出し効率を30%とした場合、蛍光素子の外部量子効率の理論値は最大で7.5%となる。比較発光素子1及び発光素子2においてはいずれも理論限界値よりも高い効率が得られている。この理由は、比較発光素子1及び発光素子2において、一对の電極から注入されたキャリアの再結合によって生成した一重項励起子に由来する発光に加えて、実施の形態3で示したTTAにより三重項励起子の一部が一重項励起子に変換され、蛍光発光に寄与しているためと考えられる。

[0385]

図29及び表3で示すように、比較発光素子1及び発光素子2はそれぞれ、良好な駆動電圧を有することが分かった。また、図29より本発明の一態様である発光素子2は比較発光素子1よりも駆動電圧が良好であることが分かった。よって、アントラセン骨格の2位にベンゾ[a]アントラセン骨格を有する有機化合物を用いた発光素子はアントラセン骨格の2位にフェニル基を有する有機化合物を用いた発光素子よりも良好な駆動電圧を示すことが分かった。

[0386]

また、図31より比較発光素子1及び発光素子2の発光スペクトルはそれぞれ、465nm、467nm付近にスペクトルピークを有し、半値全幅はそれぞれ、36nm、40nm程度であったため、比較発光素子1及び発光素子2はゲスト材料である、1,6-memFLPAPrnに由来する良好な青色の発光を示した。

[0387]

# <発光素子の信頼性>

次に、比較発光素子 1 及び発光素子 2 の 2 mA における定電流駆動試験を行った。その結果を図 3 2 に示す。図 3 2 から比較発光素子 1 及び発光素子 2 は良好な信頼性を有することが分かった。特に発光素子 2 は LT<sub>90</sub>（輝度 10% 減少時間）が 230 時間を超えており、特に良好な信頼性を示すことが分かった。また、図 3 2 より発光素子 2 は比較発光素子 1 よりも良好な信頼性を有することが分かった。よって、アントラセン骨格の 2 位にベンゾ [a] アントラセン骨格を有する有機化合物を用いた発光素子はアントラセン骨格の 2 位にフェニル基を有する有機化合物を用いた発光素子よりも良好な信頼性を有することが分かった。

[0388]

以上、本発明の一態様の化合物を発光層に用いることで、高い発光効率、良好な駆動電圧及び良好な信頼性を示す発光素子を作製することができる。また、本発明の一態様である有機化合物を用いた発光素子はアントラセン骨格の 2 位にフェニル基を有する有機化合物を用いた発光素子よりも発光効率が高く、良好な信頼性を有することが分かった。

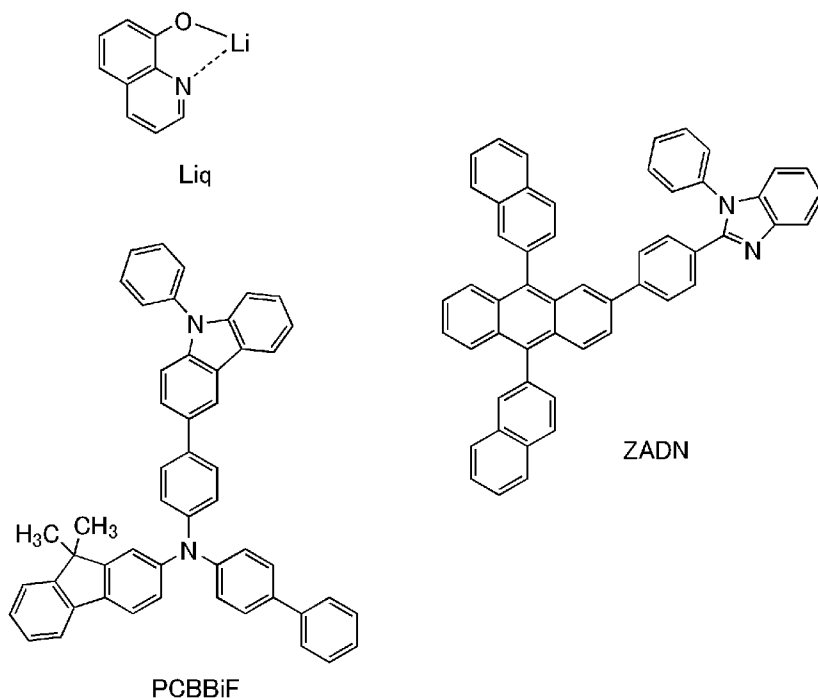
[実施例 8]

[0389]

本実施例では、本発明の一態様に係る有機化合物を含む、実施例 7 とは異なる発光素子の作製例と、当該発光素子の特性について説明する。本実施例で作製した発光素子の積層構造を図 1 (A) に示す。また、素子構造の詳細を表 4 に示す。また、本実施例で用いる有機化合物を以下に示す。なお、他の有機化合物については他の実施の形態または実施例を参照すればよい。

[0390]

[化 33]



[0391]

[表 4]

|           | 層     | 符号     | 膜厚<br>(nm) | 材料                         | 重量比    |
|-----------|-------|--------|------------|----------------------------|--------|
| 発光素子<br>3 | 電極    | 102    | 200        | Al                         | —      |
|           | 電子注入層 | 119    | 1          | Liq                        | —      |
|           | 電子輸送層 | 118    | 25         | ZADN:Liq                   | 1:1    |
|           | 発光層   | 140    | 25         | 2aBAPA:BD-001              | 1:0.03 |
|           | 正孔輸送層 | 112(2) | 10         | HT602                      |        |
|           |       | 112(1) | 20         | PCBBiF                     | —      |
|           | 正孔注入層 | 111    | 10         | PCBBiF: NDP-9              | 1:0.1  |
|           | 電極    | 101    | 70         | ITSO                       | —      |
| 発光素子<br>4 | 電極    | 102    | 200        | Al                         | —      |
|           | 電子注入層 | 119    | 1          | Liq                        | —      |
|           | 電子輸送層 | 118    | 25         | ZADN:Liq                   | 1:1    |
|           | 発光層   | 140    | 25         | 3aBA- $\alpha$ NPhA:BD-001 | 1:0.03 |
|           | 正孔輸送層 | 112(2) | 10         | HT602                      |        |
|           |       | 112(1) | 20         | PCBBiF                     | —      |
|           | 正孔注入層 | 111    | 10         | PCBBiF: NDP-9              | 1:0.1  |
|           | 電極    | 101    | 70         | ITSO                       | —      |

[0392]

《発光素子3の作製》

発光素子3の正孔注入層111として、電極101上にPCBBiFと、NDP-9（分析工房株式会社、材料シリアル番号：1S20170124）と、を重量比（PCBBiF：NDP-9）が1：0.1になるように、且つ厚さが10nmになるように共蒸着した。

[0393]

次に、正孔注入層111上に正孔輸送層112（1）として、PCBBiFを厚さが20nmになるように蒸着し、続いて正孔輸送層112（2）としてHT602（分析工房株式会社、材料シリアル番号：1S20160920）を厚さが10nmとなるように蒸着した。なお、正孔輸送層112（2）は電子ブロック層としての機能をする。

[0394]

次に、発光層140として、正孔輸送層112上に、2aBAPAと、BD-001（分析工房株式会社、材料シリアル番号：1S20160602）とを、重量比（2aBAPA：BD-001）が1：0.03になるように、且つ厚さが25nmになるように共蒸着した。なお、発光層140において、BD-001は、蛍光発光を呈するゲスト材料である。

[0395]

次に、発光層140上に、電子輸送層118として、2-〔4-〔9,10-ジ（ナフタレン-2-イル）-2-アントリル〕-1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール（略称：ZADN）と8-ヒドロキシキノリナト-リチウム（略称：Liq）を、重量比（ZADN：Liq）が1：1になるように、且つ厚さが25nmになるように共蒸着した。

[0396]

次に、電子輸送層118上に、電子注入層119として、Liqを厚さが1nmになるように蒸着した。

[0397]

次に、電子注入層119上に、電極102として、アルミニウム（Al）を厚さが200nmになるように形成した。

[0398]

次に、窒素雰囲気グローブボックス内において、封止材を用いて封止するために、発光素子を形成した基板とは別の基板（対向基板）を、発光素子を形成した基板に固定することで、発光素子1を封止した。具体的には、対向基板に乾燥剤を貼り、さらに発光素子を形成した範囲周辺に封止材を塗布した該対向基板と、発光素子を形成したガラス基板とを貼り合わせ、波長が365nmの紫外光を $6\text{ J/cm}^2$ 照射し、80℃にて1時間熱処理した。以上の工程により発光素子3を得た。

[0399]

《発光素子4の作製》

発光素子4の作製工程は、先に示した発光素子3と発光層140の作製工程のみ異なり、その他の作製工程は発光素子3と同様である。発光素子4の素子構造は表4に示す通りであるため、詳細な作製工程に関しては省略する。なお、発光素子4の発光層140は発光素子4と同様に真空蒸着法により成膜した。

[0400]

発光素子3と発光素子4の素子構造は、発光層140に用いたホスト材料のみ異なり、その他の構成は両発光素子ともに同様である。発光素子3には2aBAPPAを用いており、発光素子4には3aBA- $\alpha$ NPhAを用いている。該2種の有機化合物の違いは、2aBAPPAはアントラセン骨格の9位及び10位にフェニル基を有しているのに対し、3aBA- $\alpha$ NPhAはアントラセン骨格の9位にはフェニル基を、10位にはナフチル基を有している点である。すなわち、2aBAPPAは9位及び10位に同じアリール基を有しているのに対し、3aBA- $\alpha$ NPhAはアントラセン骨格の9位と10位の置換基は異なるアリール基を有している。

[0401]

＜発光素子の特性＞

次に、上記作製した発光素子3及び発光素子4の特性を測定した。発光素子の測定条件は先に示す実施例と同様に行った。

[0402]

発光素子3及び発光素子4の電流効率－輝度特性を図33に示す。また、電流密度－電圧特性を図34に示す。また、外部量子効率－輝度特性を図35に示す。また、発光素子3及び発光素子4に12.5mA/cm<sup>2</sup>の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを図36に示す。

[0403]

また、1000cd/m<sup>2</sup>付近における、発光素子3及び発光素子4の素子特性を表5に示す。

[0404]

[表5]

|           | 電圧<br>(V) | 電流密度<br>(mA/cm <sup>2</sup> ) | CIE色度<br>(x, y) | 輝度<br>(cd/m <sup>2</sup> ) | 電流効率<br>(cd/A) | 電力効率<br>(lm/W) | 外部量子<br>効率(%) |
|-----------|-----------|-------------------------------|-----------------|----------------------------|----------------|----------------|---------------|
| 発光素子<br>3 | 3.70      | 6.78                          | (0.139, 0.197)  | 1032                       | 15.2           | 12.9           | 11.6          |
| 発光素子<br>4 | 3.70      | 5.96                          | (0.139, 0.196)  | 919                        | 15.4           | 13.1           | 11.7          |

[0405]

図33及び表5で示すように、発光素子3及び発光素子4は視感度が低い青色発光であるにもかかわらず、15cd/Aを超える、青色蛍光素子としては非常に高い電流効率を示した。また、発光素

子3及び発光素子4の電流効率は同等であった。

[0406]

図35及び表5で示すように、発光素子3及び発光素子4は外部量子効率が11%を超える、蛍光素子としては非常に高い外部量子効率を示した。また、発光素子3及び発光素子4の外部量子効率は同等であった。なお、発光素子3及び発光素子4の外部量子効率は、理論値は最大値である7.5%よりも高い値となっている。これは上述の通り、TTAによる効果だと考えられる。

[0407]

図34及び表5で示すように、発光素子3及び発光素子4はそれぞれ、良好な駆動電圧を有することが分かった。また、発光素子3及び発光素子4の電流効率は同等であった。

[0408]

また、図36より発光素子3及び発光素子4の発光スペクトルはそれぞれ、468nm、467nm付近にスペクトルピークを有し、半値全幅は共に44nm程度であったため、発光素子3及び発光素子4はゲスト材料である、BD-001に由来する良好な青色の発光を示した。

[0409]

<発光素子の信頼性>

次に、発光素子3及び発光素子4の2mAにおける定電流駆動試験を行った。その結果を図37に示す。図37から発光素子3及び発光素子4はLT<sub>90</sub>が200時間を超えており、良好な信頼性を有することが分かった。また、図37より発光素子4は発光素子3よりも良好な信頼性を有することが分かった。よって、アントラセン骨格の2位にベンゾ[a]アントラセン骨格を有し、さらにアントラセン骨格の9位と10位には異なるアリール基を有する有機化合物を用いた発光素子は、非常に信頼性が良好な発光素子を作製できることが分かった。

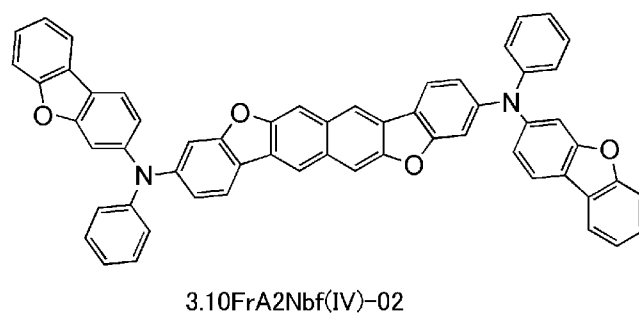
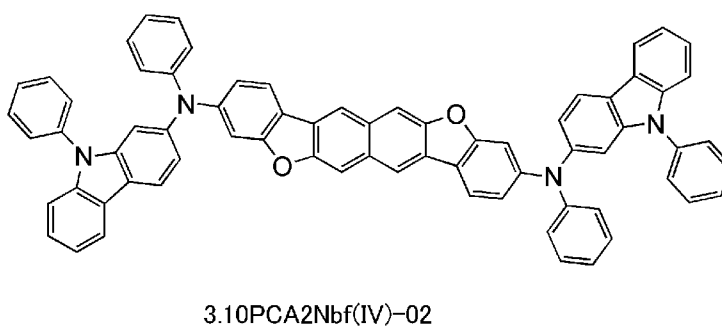
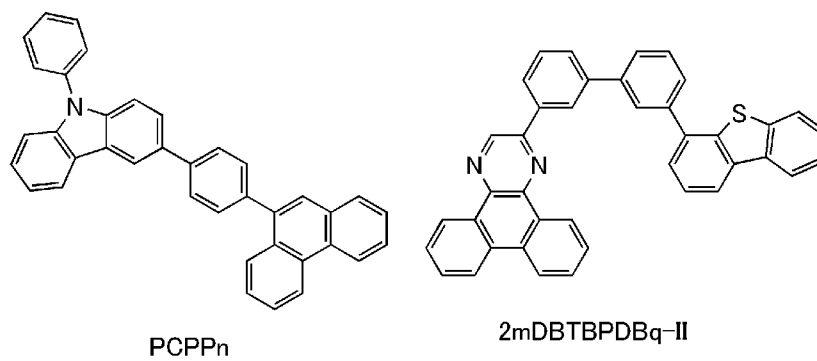
[実施例9]

[0410]

本実施例では、本発明の一態様に係る有機化合物を含む、上記実施例とは異なる発光素子の作製例と、当該発光素子の特性について説明する。本実施例で作製した発光素子の積層構造を図1(A)に示す。また、素子構造の詳細を表6に示す。また、本実施例で用いる有機化合物を以下に示す。なお、他の有機化合物については他の実施の形態または実施例を参照すればよい。

[0411]

[化 3 4]



[ 0 4 1 2 ]

[表 6]

|           | 層         | 符号     | 膜厚<br>(nm) | 材料                                      | 重量比     |
|-----------|-----------|--------|------------|-----------------------------------------|---------|
| 発光素子<br>5 | 電極        | 102    | 200        | Al                                      | —       |
|           | 電子注入層     | 119    | 1          | LiF                                     | —       |
|           | 電子<br>輸送層 | 118(2) | 10         | NBPhen                                  | —       |
|           |           | 118(1) | 15         | 2mDBTBPDBq-II                           | —       |
|           | 発光層       | 140    | 25         | 2aBAPA :3,10PCA2Nbf(IV)-02              | 1:0.015 |
|           | 正孔輸送層     | 112    | 30         | PCPPn                                   | —       |
|           | 正孔注入層     | 111    | 10         | PCPPn: MoO <sub>3</sub>                 | 1:0.5   |
| 発光素子<br>6 | 電極        | 101    | 70         | ITSO                                    | —       |
|           | 電極        | 102    | 200        | Al                                      | —       |
|           | 電子注入層     | 119    | 1          | LiF                                     | —       |
|           | 電子<br>輸送層 | 118(2) | 10         | NBPhen                                  | —       |
|           |           | 118(1) | 15         | 2mDBTBPDBq-II                           | —       |
|           | 発光層       | 140    | 25         | 2aBAPA :3,10FrA2Nbf(IV)-02              | 1:0.015 |
|           | 正孔輸送層     | 112    | 30         | PCPPn                                   | —       |
| 発光素子<br>7 | 正孔注入層     | 111    | 10         | PCPPn: MoO <sub>3</sub>                 | 1:0.5   |
|           | 電極        | 101    | 70         | ITSO                                    | —       |
|           | 電極        | 102    | 200        | Al                                      | —       |
|           | 電子注入層     | 119    | 1          | LiF                                     | —       |
|           | 電子<br>輸送層 | 118(2) | 10         | NBPhen                                  | —       |
|           |           | 118(1) | 15         | 2mDBTBPDBq-II                           | —       |
|           | 発光層       | 140    | 25         | 2aBA- $\alpha$ NPhA :3,10PCA2Nbf(IV)-02 | 1:0.015 |
| 発光素子<br>8 | 正孔輸送層     | 112    | 30         | PCPPn                                   | —       |
|           | 正孔注入層     | 111    | 10         | PCPPn: MoO <sub>3</sub>                 | 1:0.5   |
|           | 電極        | 101    | 70         | ITSO                                    | —       |
|           | 電極        | 102    | 200        | Al                                      | —       |
|           | 電子注入層     | 119    | 1          | LiF                                     | —       |
|           | 電子<br>輸送層 | 118(2) | 10         | NBPhen                                  | —       |
|           |           | 118(1) | 15         | 2mDBTBPDBq-II                           | —       |
|           | 発光層       | 140    | 25         | 2aBA- $\alpha$ NPhA :3,10FrA2Nbf(IV)-02 | 1:0.015 |
| 発光素子<br>8 | 正孔輸送層     | 112    | 30         | PCPPn                                   | —       |
|           | 正孔注入層     | 111    | 10         | PCPPn: MoO <sub>3</sub>                 | 1:0.5   |
|           | 電極        | 101    | 70         | ITSO                                    | —       |

[0413]

《発光素子5の作製》

発光素子5の正孔注入層111として、電極101上にPCPPnと、MoO<sub>3</sub>、を重量比（PCPPn : MoO<sub>3</sub>）が1 : 0.5になるように、且つ厚さが10nmになるように共蒸着した。

[0414]

次に、正孔注入層111上に正孔輸送層112として、PCPPnを厚さが30nmになるように蒸着した。

[0415]

次に、発光層140として、正孔輸送層112上に、2aBAPAと3,10-ビス[N-(9-フェニル-9H-カルバゾール-2-イル)-N-フェニルアミノ]ナフト[2,3-b;6,7-b']ビスベンゾフラン（略称：3,10PCA2Nbf(IV)-02）とを、重量比（2aBAPA : 3,10PCA2Nbf(IV)-02）が1 : 0.015になるように、且つ厚さが25nmになるように共蒸着した。なお、発光層140において、3,10PCA2Nbf(IV)-02は、蛍光発光を呈するゲスト材料である。

[0416]

次に、発光層140上に、電子輸送層118(1)として、2mDBTBPD Bq-I Iを厚さが15nmになるよう蒸着した。次に、電子輸送層118(1)上に、電子輸送層118(2)として、NBPhenを厚さが10nmになるように、順次蒸着した。

[0417]

次に、電子輸送層118上に、電子注入層119として、LiFを厚さが1nmになるように蒸着した。

[0418]

次に、電子注入層119上に、電極102として、アルミニウム(Al)を厚さが200nmになるように形成した。

[0419]

次に、窒素雰囲気グローブボックス内において、封止材を用いて封止するために、発光素子を形成した基板とは別の基板(対向基板)を、発光素子を形成した基板に固定することで、発光素子5を封止した。具体的には、対向基板に乾燥剤を貼り、さらに発光素子を形成した範囲周辺に封止材を塗布した該対向基板と、発光素子を形成したガラス基板とを貼り合わせ、波長が365nmの紫外光を $6\text{ J}/\text{cm}^2$ 照射し、80℃にて1時間熱処理した。以上の工程により発光素子5を得た。

[0420]

《発光素子6乃至発光素子8の作製》

発光素子6乃至発光素子8の作製工程は、先に示した発光素子5と発光層140の作製工程のみ異なり、その他の作製工程は発光素子5と同様である。発光素子6乃至発光素子8の素子構造は表6に示す通りであるため、詳細な作製工程に関しては省略する。なお、表6中、発光素子6及び発光素子8のゲスト材料としては、3,10-ビス[N-(ジベンゾフラン-3-イル)-N-フェニルアミノ]ナフト[2,3-b;6,7-b']ビスベンゾフラン(略称:3,10FrA2Nb f(IV)-02)を用いた。また、発光素子6乃至発光素子8の発光層140は発光素子5と同様に真空蒸着法により成膜した。

[0421]

発光素子5及び発光素子7はゲスト材料は同一だが、ホスト材料の種類が異なる発光素子である。同様に、発光素子6及び発光素子8はゲスト材料が同一だが、ホスト材料の種類が異なる発光素子である。また、発光素子5及び発光素子6はホスト材料は同一だが、ゲスト材料が異なる発光素子である。同様に、発光素子7及び発光素子8はホスト材料は同一だが、ゲスト材料が異なる発光素子である。

[0422]

また、発光素子5乃至発光素子8はいずれもベンゾ[a]アントラセン骨格を有するホスト材料と発光団にベンゾフラン骨格を有するゲスト材料を用いた発光素子の一例である。

[0423]

＜発光素子の特性＞

次に、上記作製した発光素子5乃至発光素子8の特性を測定した。発光素子の測定条件は先に示す実施例と同様に行った。

[0424]

発光素子5乃至発光素子8の電流効率-輝度特性を図38に示す。また、電流密度-電圧特性を図39に示す。また、外部量子効率-輝度特性を図40に示す。また、発光素子5乃至発光素子8に12.

5 mA/cm<sup>2</sup>の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを図41に示す。

[0425]

また、1000 cd/m<sup>2</sup>付近における、発光素子5乃至発光素子8の素子特性を表7に示す。

[0426]

[表7]

|           | 電圧<br>(V) | 電流密度<br>(mA/cm <sup>2</sup> ) | CIE色度<br>(x, y) | 輝度<br>(cd/m <sup>2</sup> ) | 電流効率<br>(cd/A) | 電力効率<br>(lm/W) | 外部量子<br>効率(%) |
|-----------|-----------|-------------------------------|-----------------|----------------------------|----------------|----------------|---------------|
| 発光素子<br>5 | 3.90      | 8.24                          | (0.140, 0.156)  | 1131                       | 13.7           | 11.1           | 11.8          |
| 発光素子<br>6 | 3.90      | 9.63                          | (0.141, 0.121)  | 1031                       | 10.7           | 8.6            | 10.8          |
| 発光素子<br>7 | 3.70      | 6.51                          | (0.140, 0.146)  | 897                        | 13.8           | 11.7           | 12.4          |
| 発光素子<br>8 | 3.70      | 8.54                          | (0.141, 0.104)  | 889                        | 10.4           | 8.8            | 11.6          |

[0427]

図38及び表7で示すように、発光素子5乃至発光素子8は視感度が低い青色発光であるにも関わらず、いずれも10 cd/Aを超える、青色蛍光素子としては高い電流効率を示した。また、発光素子5及び発光素子7は同等の電流効率を有し、発光素子6及び発光素子8は同等の電流効率を有する。一方、発光素子5及び発光素子7と発光素子6及び発光素子8を比較すると、発光素子5及び発光素子7の方が電流効率が良好である。これは、発光素子5及び発光素子7に含まれるゲスト材料が発光素子6及び発光素子8に含まれるゲスト材料よりも、視感度が良い発光を示すためである。なお、ホスト材料による電流効率の違いは見られない。

[0428]

図40及び表7で示すように、発光素子5乃至発光素子8は外部量子効率が10%を超える、蛍光素子としては非常に高い外部量子効率を示した。また発光素子5乃至発光素子8の外部量子効率は同等であった。なお発光素子5乃至発光素子8の外部量子効率は、理論値は最大値である7.5%よりも高い値となっている。これは上述の通り、TTAによる効果だと考えられる。

[0429]

図39及び表7で示すように、発光素子5乃至発光素子8はそれぞれ、良好な駆動電圧を有することが分かった。また、発光素子5乃至発光素子8の駆動電圧は同等であった。

[0430]

また、図41より発光素子5乃至発光素子8の発光スペクトルはそれぞれ、462 nm、454 nm、461 nm、454 nm付近にスペクトルピークを有し、半値全幅はそれぞれ43 nm、45 nm、41 nm、37 nm程度であったため、発光素子5乃至発光素子8はそれぞれのゲスト材料に由来する良好な青色の発光を示した。

[0431]

<発光素子の信頼性>

次に、発光素子5乃至発光素子8の2 mAにおける定電流駆動試験を行った。その結果を図42に示す。図42から発光素子5乃至発光素子8はそれぞれ良好な信頼性を有することが分かった。また、同一のゲスト材料を有する発光素子である、発光素子5及び発光素子7、発光素子6及び発光素子8をそれぞれ比較すると、発光素子7及び発光素子8の方が信頼性が良好である。この結果から実施例

8と同様に、アントラセン骨格の2位にベンゾ[a]アントラセン骨格を有し、さらにアントラセン骨格の9位と10位には異なるアリール基を有する有機化合物を用いた発光素子は、非常に信頼性が良好な発光素子を作製できることが分かった。

[0432]

以上の結果から、ベンゾ[a]アントラセン骨格を有するホスト材料と発光団にベンゾフラン骨格を有するゲスト材料を用いた発光素子は、発光効率及び信頼性が良好な発光素子を作製することができる。

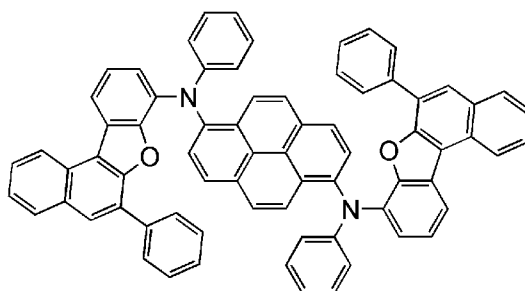
[実施例10]

[0433]

本実施例では、本発明の一態様に係る有機化合物を含む、上記実施例7とは異なる発光素子の作製例と、当該発光素子の特性について説明する。本実施例で作製した発光素子の積層構造を図1(A)に示す。また、素子構造の詳細を表8に示す。また、本実施例で用いる有機化合物を以下に示す。なお、他の有機化合物については他の実施の形態または実施例を参照すればよい。

[0434]

[化35]



1,6BnfAPrn-03

[0435]

[表8]

|            | 層         | 符号     | 膜厚<br>(nm) | 材料                         | 重量比    |
|------------|-----------|--------|------------|----------------------------|--------|
| 発光素子<br>9  | 電極        | 102    | 200        | Al                         | —      |
|            | 電子注入層     | 119    | 1          | LiF                        | —      |
|            | 電子<br>輸送層 | 118(2) | 10         | NBPhen                     | —      |
|            |           | 118(1) | 15         | 2mDBTBPDBq-II              | —      |
|            | 発光層       | 140    | 25         | 2aBAPA :1,6BnfAPrn-03      | 1:0.03 |
|            | 正孔輸送層     | 112    | 30         | PCPPn                      | —      |
|            | 正孔注入層     | 111    | 10         | PCPPn: MoO <sub>3</sub>    | 1:0.5  |
|            | 電極        | 101    | 70         | ITSO                       | —      |
| 発光素子<br>10 | 電極        | 102    | 200        | Al                         | —      |
|            | 電子注入層     | 119    | 1          | LiF                        | —      |
|            | 電子<br>輸送層 | 118(2) | 10         | NBPhen                     | —      |
|            |           | 118(1) | 15         | 2mDBTBPDBq-II              | —      |
|            | 発光層       | 140    | 25         | 2aBAPA :3,10PCA2Nbf(IV)-02 | 1:0.03 |
|            | 正孔<br>輸送層 | 112    | 30         | PCPPn                      | —      |
|            | 正孔注入層     | 111    | 10         | PCPPn: MoO <sub>3</sub>    | 1:0.5  |
|            | 電極        | 101    | 70         | ITSO                       | —      |

[0436]

# 《発光素子 9 及び発光素子 10 の作製》

発光素子 9 及び発光素子 10 の作製工程は、先に示した発光素子 5 と発光層 140 の作製工程のみ異なり、その他の作製工程は発光素子 5 と同様である。発光素子 9 及び発光素子 10 は表 8 に示す通りであるため、詳細な作製工程に関しては省略する。なお、表 8 中、発光素子 9 のゲスト材料としては、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) を用いた。また、発光素子 9 及び発光素子 10 の発光層 140 は発光素子 5 と同様に真空蒸着法により成膜した。

[0437]

発光素子 9 に用いたゲスト材料の発光団はピレン骨格であり、ベンゾフラン骨格を有していない。一方、発光素子 10 に用いたゲスト材料の発光団はナフトビスベンゾフラン骨格であり、ベンゾフラン骨格を有している。すなわち、発光素子 10 はベンゾ [a] アントラセン骨格を有するホスト材料と発光団にベンゾフラン骨格を有するゲスト材料を用いた発光素子の一例である。

[0438]

## ＜発光素子の特性＞

次に、上記作製した発光素子 9 及び発光素子 10 の特性を測定した。発光素子の測定条件は先に示す実施例と同様に行った。

[0439]

発光素子 9 及び発光素子 10 の電流効率-輝度特性を図 43 に示す。また、電流密度-電圧特性を図 44 に示す。また、外部量子効率-輝度特性を図 45 に示す。また、発光素子 9 及び発光素子 10 に 12.5 mA/cm<sup>2</sup> の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを図 46 に示す。

[0440]

また、1000 cd/m<sup>2</sup> 付近における、発光素子 9 及び発光素子 10 の素子特性を表 9 に示す。

[0441]

[表 9]

|            | 電圧<br>(V) | 電流密度<br>(mA/cm <sup>2</sup> ) | CIE 色度<br>(x, y) | 輝度<br>(cd/m <sup>2</sup> ) | 電流効率<br>(cd/A) | 電力効率<br>(lm/W) | 外部量子<br>効率(%) |
|------------|-----------|-------------------------------|------------------|----------------------------|----------------|----------------|---------------|
| 発光素子<br>9  | 3.90      | 8.64                          | (0.140, 0.137)   | 937                        | 10.8           | 8.7            | 10.2          |
| 発光素子<br>10 | 3.80      | 7.29                          | (0.140, 0.150)   | 1001                       | 13.7           | 11.4           | 12.1          |

[0442]

図 43 及び表 9 で示すように、発光素子 9 及び発光素子 10 は視感度が低い青色発光であるにもかかわらず、いずれも 10 cd/A を超える、青色蛍光素子としては高い電流効率を示した。特に、発光素子 10 は 13 cd/A を超える、青色蛍光素子としては非常に高い電流効率を示した。

[0443]

図 45 及び表 9 で示すように、発光素子 9 及び発光素子 10 は外部量子効率が 10 % を超える、蛍光素子としては高い外部量子効率を示した。特に、発光素子 10 は外部量子効率が 13 % を超える、蛍光素子としては非常に外部量子効率を示した。よって、ベンゾ [a] アントラセン骨格を有するホスト材料に用いた場合、発光団にベンゾフラン骨格を有するゲスト材料を用いた発光素子は、発光団にピレン骨格を用いた発光素子よりも、良好な発光効率を得られることが分かった。なお発光素子 9 及び発光素子 10 の外部量子効率は、理論値は最大値である 7.5 % よりも高い値となっている。こ

れは上述の通り、TTAによる効果だと考えられる。

[0444]

図44及び表9で示すように、発光素子9及び発光素子10はそれぞれ、良好な駆動電圧を有することが分かった。また、図44より発光素子10は発光素子9よりも駆動電圧が良好であることが分かった。よって、ベンゾ[a]アントラセン骨格を有するホスト材料に用いた場合、発光団にベンゾフラン骨格を有するゲスト材料を用いた発光素子は、発光団にアントラセン骨格を用いた発光素子よりも、良好な駆動電圧を示すことが分かった。

[0445]

また、図46より発光素子9及び発光素子10の発光スペクトルはそれぞれ、459nm、462nm付近にスペクトルピークを有し、半値全幅はそれぞれ、46nm、40nm程度であったため、発光素子9及び発光素子10はそれぞれが有するゲスト材料に由来する青色の発光を示した。

[0446]

<発光素子の信頼性>

次に、発光素子9及び発光素子10の2mAにおける定電流駆動試験を行った。その結果を図47に示す。図47から発光素子9及び発光素子10は良好な信頼性を有することが分かった。また、図47より発光素子10は発光素子9よりも良好な信頼性を有することが分かった。よって、ベンゾ[a]アントラセン骨格を有するホスト材料に用いた場合、発光団にベンゾフラン骨格を有するゲスト材料を用いた発光素子は、発光団にピレン骨格を用いた発光素子よりも、良好な信頼性を有することが分かった。

[実施例11]

[0447]

本実施例では、本発明の一態様に係る有機化合物を含む、上記実施例とは異なる発光素子の作製例と、当該発光素子の特性について説明する。本実施例で作製した発光素子の積層構造を図1(A)に示す。また、素子構造の詳細を表10に示す。なお、本実施例で用いた有機化合物については他の実施の形態または実施例を参照すればよい。

[0448]

[表10]

|            | 層         | 符号     | 膜厚<br>(nm) | 材料                       | 重量比    |
|------------|-----------|--------|------------|--------------------------|--------|
| 発光素子<br>11 | 電極        | 102    | 200        | Al                       | —      |
|            | 電子注入層     | 119    | 1          | LiF                      | —      |
|            | 電子<br>輸送層 | 118(2) | 10         | NBPhen                   | —      |
|            |           | 118(1) | 15         | 2aBAPA                   | —      |
|            | 発光層       | 140    | 25         | 2aBAPA :1,6BnfAPrn-03    | 1:0.03 |
|            | 正孔輸送層     | 112    | 30         | PCPPn                    | —      |
|            | 正孔注入層     | 111    | 10         | PCPPn: MoO <sub>3</sub>  | 1:0.5  |
| 発光素子<br>12 | 電極        | 101    | 70         | ITSO                     | —      |
|            | 電極        | 102    | 200        | Al                       | —      |
|            | 電子注入層     | 119    | 1          | LiF                      | —      |
|            | 電子<br>輸送層 | 118(2) | 10         | NBPhen                   | —      |
|            |           | 118(1) | 15         | 2aBAPA-02                | —      |
|            | 発光層       | 140    | 25         | 2aBAPA-02 :1,6BnfAPrn-03 | 1:0.03 |
|            | 正孔<br>輸送層 | 112    | 30         | PCPPn                    | —      |
| 発光素子<br>12 | 正孔注入層     | 111    | 10         | PCPPn: MoO <sub>3</sub>  | 1:0.5  |
|            | 電極        | 101    | 70         | ITSO                     | —      |

[0449]

《発光素子11の作製》

発光素子11の正孔注入層111として、電極101上にPCPPnと、MoO<sub>3</sub>、を重量比(PCPPn:MoO<sub>3</sub>)が1:0.5になるように、且つ厚さが10nmになるように共蒸着した。

[0450]

次に、正孔注入層111上に正孔輸送層112として、PCPPnを厚さが30nmになるように蒸着した。

[0451]

次に、発光層140として、正孔輸送層112上に、2aBAPAと1,6BnfAPrn-03とを、重量比(2aBAPA:1,6BnfAPrn-03)が1:0.03になるように、且つ厚さが25nmになるように共蒸着した。なお、発光層140において、1,6BnfAPrn-03は、蛍光発光を呈するゲスト材料である。

[0452]

次に、発光層140上に、電子輸送層118(1)として、2aBAPAを厚さが15nmになるように蒸着した。次に、電子輸送層118(1)上に、電子輸送層118(2)として、NBPhenを厚さが10nmになるように、順次蒸着した。

[0453]

次に、電子輸送層118上に、電子注入層119として、LiFを厚さが1nmになるように蒸着した。

[0454]

次に、電子注入層119上に、電極102として、アルミニウム(Al)を厚さが200nmになるように形成した。

[0455]

次に、窒素雰囲気グローブボックス内において、封止材を用いて封止するために、発光素子を形成した基板とは別の基板(対向基板)を、発光素子を形成した基板に固定することで、発光素子11を封止した。具体的には、対向基板に乾燥剤を貼り、さらに発光素子を形成した範囲周辺に封止材を塗布した該対向基板と、発光素子を形成したガラス基板とを貼り合わせ、波長が365nmの紫外光を6J/cm<sup>2</sup>照射し、80℃にて1時間熱処理した。以上の工程により発光素子11を得た。

[0456]

《発光素子12の作製》

発光素子12の作製工程は、先に示した発光素子11と発光層140及び電子輸送層118(1)の作製工程のみ異なり、その他の作製工程は発光素子11と同様である。発光素子12の素子構造は表10に示す通りであるため、詳細な作製工程に関しては省略する。また、発光素子11の発光層140及び電子輸送層118(1)は発光素子11と同様に真空蒸着法により成膜した。

[0457]

発光素子11と発光素子12の素子構造は、発光層140に用いたホスト材料及び電子輸送層118(1)に用いた材料のみ異なり、その他の構成は両発光素子ともに同様である。発光素子11には2aBAPAを用いており、発光素子12には2aBAPA-02を用いている。該2種の有機化合物の違いは、ベンゾ[a]アントラセンとアントラセンとの結合位置である。2aBAPAはアントラセン骨格に対してベンゾ[a]アントラセンの4位で結合している有機化合物であるのに対して、

2 a B A P A - 0 2 はアントラセン骨格に対してベンゾ [ a ] アントラセンの 7 位で結合している有機化合物である。

[ 0 4 5 8 ]

< 発光素子の特性 >

次に、上記作製した発光素子 1 1 と発光素子 1 2 の特性を測定した。発光素子の測定条件は先に示す実施例と同様に行った。

[ 0 4 5 9 ]

発光素子 1 1 と発光素子 1 2 の電流効率－輝度特性を図 4 8 に示す。また、電流密度－電圧特性を図 4 9 に示す。また、外部量子効率－輝度特性を図 5 0 に示す。また、発光素子 1 1 と発光素子 1 2 に 1 2 . 5 m A / c m <sup>2</sup> の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを図 5 1 に示す。

[ 0 4 6 0 ]

また、1 0 0 0 c d / m <sup>2</sup> 付近における、発光素子 1 1 と発光素子 1 2 の素子特性を表 1 1 に示す。

[ 0 4 6 1 ]

[ 表 1 1 ]

|            | 電圧<br>(V) | 電流密度<br>(mA/cm <sup>2</sup> ) | CIE色度<br>(x, y) | 輝度<br>(cd/m <sup>2</sup> ) | 電流効率<br>(cd/A) | 電力効率<br>(lm/W) | 外部量子<br>効率(%) |
|------------|-----------|-------------------------------|-----------------|----------------------------|----------------|----------------|---------------|
| 発光素子<br>11 | 3.70      | 7.66                          | (0.141, 0.143)  | 805                        | 10.5           | 8.9            | 9.5           |
| 発光素子<br>12 | 3.70      | 9.93                          | (0.144, 0.148)  | 1059                       | 10.7           | 9.1            | 9.4           |

[ 0 4 6 2 ]

図 4 8 及び表 1 1 で示すように、発光素子 1 1 と発光素子 1 2 は視感度が低い青色発光であるにも関わらず、いずれも 1 0 c d / A を超える、青色蛍光素子としては高い電流効率を示した。また、発光素子 1 1 と発光素子 1 2 の電流効率は同等であった。

[ 0 4 6 3 ]

図 5 0 及び表 1 1 で示すように、発光素子 1 1 と発光素子 1 2 は外部量子効率が 9 % を超える、蛍光素子としては高い外部量子効率を示した。また、発光素子 1 1 と発光素子 1 2 の外部量子効率は同等であった。なお発光素子 1 1 と発光素子 1 2 の外部量子効率は、理論値の最大値である 7 . 5 % よりも高い値となっている。これは上述の通り、T T A による効果だと考えられる。

[ 0 4 6 4 ]

図 4 9 及び表 1 1 で示すように、発光素子 1 1 と発光素子 1 2 はそれぞれ、良好な駆動電圧を有することが分かった。また、発光素子 1 1 と発光素子 1 2 の駆動電圧は同等であった。

[ 0 4 6 5 ]

また、図 5 1 より発光素子 1 1 と発光素子 1 2 の発光スペクトルは共に、4 5 9 n m 付近にスペクトルピークを有し、半値全幅は共に 4 5 n m 程度であったため、発光素子 1 1 と発光素子 1 2 はゲスト材料である 1 , 6 B n f A P r n - 0 3 に由来する青色の発光を示した。

[ 0 4 6 6 ]

< 発光素子の信頼性 >

次に、発光素子 1 1 と発光素子 1 2 の 2 m A における定電流駆動試験を行った。その結果を図 5 2 に示す。図 5 2 から発光素子 1 1 と発光素子 1 2 は良好な信頼性を有することが分かった。また、図 5 2 より発光素子 1 1 は発光素子 1 2 よりも良好な信頼性を有することが分かった。よって、ベンゾ

[a] アントラセン骨格の4位でアントラセン骨格に結合している有機化合物の方が、ベンゾ [a] アントラセン骨格の7位でアントラセン骨格に結合している有機化合物よりも信頼性が良好な発光素子を作製できることが分かった。

[実施例12]

[0467]

本実施例では、本発明の一態様に係る有機化合物を含む、上記実施例とは異なる発光素子の作製例と、当該発光素子の特性について説明する。本実施例で作製した発光素子の積層構造を図1(A)に示す。また、素子構造の詳細を表12に示す。なお、本実施例で用いた有機化合物については他の実施の形態または実施例を参照すればよい。

[0468]

[表12]

|            | 層         | 符号     | 膜厚<br>(nm) | 材料                      | 重量比    |
|------------|-----------|--------|------------|-------------------------|--------|
| 発光素子<br>13 | 電極        | 102    | 200        | Al                      | —      |
|            | 電子注入層     | 119    | 1          | LiF                     | —      |
|            | 電子<br>輸送層 | 118(2) | 10         | NBPhen                  | —      |
|            |           | 118(1) | 15         | 2mDBTBPDq-II            | —      |
|            | 発光層       | 140    | 25         | 2aBAPA : 1,6mMemFLPAPrn | 1:0.03 |
|            | 正孔輸送層     | 112    | 30         | PCPPn                   | —      |
|            | 正孔注入層     | 111    | 10         | PCPPn: MoO <sub>3</sub> | 1:0.5  |
|            | 電極        | 101    | 70         | ITO                     | —      |

[0469]

《発光素子13の作製》

発光素子13の正孔注入層111として、電極101上にPCPPnと、MoO<sub>3</sub>、を重量比(PCPPn : MoO<sub>3</sub>) が1 : 0.5になるように、且つ厚さが10nmになるように共蒸着した。

[0470]

次に、正孔注入層111上に正孔輸送層112として、PCPPnを厚さが30nmになるように蒸着した。

[0471]

次に、発光層140として、正孔輸送層112上に、2aBAPAと1,6mMemFLPAPrnとを、重量比(2aBAPA : 1,6mMemFLPAPrn) が1 : 0.03になるように、且つ厚さが25nmになるように共蒸着した。なお、発光層140において、1,6mMemFLPAPrnは、蛍光発光を呈するゲスト材料である。

[0472]

次に、発光層140上に、電子輸送層118(1)として、2mDBTBPDq-IIを厚さが15nmになるよう蒸着した。次に、電子輸送層118(1)上に、電子輸送層118(2)として、NBPhenを厚さが10nmになるように、順次蒸着した。

[0473]

次に、電子輸送層118上に、電子注入層119として、LiFを厚さが1nmになるように蒸着した。

[0474]

次に、電子注入層119上に、電極102として、アルミニウム(Al)を厚さが200nmになるように形成した。

[0475]

次に、窒素雰囲気グローブボックス内において、封止材を用いて封止するために、発光素子を形成した基板とは別の基板（対向基板）を、発光素子を形成した基板に固定することで、発光素子13を封止した。具体的には、対向基板に乾燥剤を貼り、さらに発光素子を形成した範囲周辺に封止材を塗布した該対向基板と、発光素子を形成したガラス基板とを貼り合わせ、波長が365nmの紫外光を6 J/cm<sup>2</sup>照射し、80℃にて1時間熱処理した。以上の工程により発光素子13を得た。

[0476]

<発光素子の特性>

次に、上記作製した発光素子13の特性を測定した。発光素子の測定条件は先に示す実施例と同様に行った。

[0477]

発光素子13の電流効率－輝度特性を図53に示す。また、電流密度－電圧特性を図54に示す。また、外部量子効率－輝度特性を図55に示す。また、発光素子13に12.5 mA/cm<sup>2</sup>の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを図56に示す。

[0478]

また、1000 cd/m<sup>2</sup>付近における、発光素子13の素子特性を表13に示す。

[0479]

[表13]

|            | 電圧<br>(V) | 電流密度<br>(mA/cm <sup>2</sup> ) | CIE色度<br>(x, y) | 輝度<br>(cd/m <sup>2</sup> ) | 電流効率<br>(cd/A) | 電力効率<br>(lm/W) | 外部量子<br>効率(%) |
|------------|-----------|-------------------------------|-----------------|----------------------------|----------------|----------------|---------------|
| 発光素子<br>13 | 3.60      | 4.41                          | (0.138, 0.172)  | 738                        | 16.7           | 14.6           | 13.9          |

[0480]

図53及び表13で示すように、発光素子13は視感度が低い青色発光であるにも関わらず、いずれも16 cd/Aを超える、青色蛍光素子としては高い電流効率を示した。

[0481]

図55及び表13で示すように、発光素子13は外部量子効率が13%を超える、蛍光素子としては高い外部量子効率を示した。なお発光素子13の外部量子効率は、理論値の最大値である7.5%よりも高い値となっている。これは上述の通り、TTAによる効果だと考えられる。

[0482]

図54及び表13で示すように、発光素子13は良好な駆動電圧を有することが分かった。

[0483]

また、図56より発光素子13の発光スペクトルは、467 nm付近にスペクトルピークを有し、半値全幅は39 nm程度であったため、発光素子13はゲスト材料である1,6-mMe-mFLPAPr nに由来する青色の発光を示した。

[0484]

<発光素子の遅延蛍光測定>

次に、発光素子13におけるTTAの効果を調査するため、過渡電界発光測定により蛍光寿命の算出を行った。

[0485]

測定にはピコ秒蛍光寿命測定システム（浜松ホトニクス社製）を用いた。本測定では、発光素子における蛍光発光の寿命を測定するため、発光素子に矩形パルス電圧を印加し、その電圧の立下りから減衰していく発光をストリークカメラにより時間分解測定した。パルス電圧は10Hzの周期で印加し、繰り返し測定したデータを積算することにより、S/N比の高いデータを得た。また、測定は室温（300K）で、発光素子の電流効率が最大となるよう印加パルス電圧を3Vから4V付近で印加し、印加パルス時間幅が100μsec、負バイアス電圧が-1V（素子駆動のOFF時）、測定時間範囲が50μsecの条件で行った。測定結果を図57に示す。なお、図57において、縦軸は、定常的にキャリアが注入されている状態（パルス電圧のON時）における発光強度で規格化した強度で示す。また、横軸は、パルス電圧の立下りからの経過時間を示す。

[0486]

また、図57に示す減衰曲線について、以下の数式（1）を用いてフィッティングを行った。

[0487]

[数1]

$$I = \sum_{n=1} A_n \exp\left(-\frac{t}{\tau_n}\right) \cdots (1)$$

[0488]

数式（1）において、Iは規格化した発光強度を表し、tは経過時間を表す。減衰曲線のフィッティングを行った結果、nが2でフィッティングを行うことができた。減衰曲線のフィッティング結果から、寿命が6.0μsと25.0μsの2つの遅延蛍光成分が含まれていることが分かった。また、該遅延蛍光成分が発光に占める割合は、27.4%と算出された。したがって、発光素子13は高い割合で遅延蛍光成分を有していることが分かった。

[実施例13]

[0489]

本実施例では、本発明の一態様に係る有機化合物を含む、上記実施例とは異なる発光素子の作製例と、当該発光素子の特性について説明する。本実施例で作製した発光素子の積層構造を図1(A)に示す。また、素子構造の詳細を表14に示す。なお、本実施例で用いた有機化合物については他の実施の形態または実施例を参照すればよい。

[0490]

[表14]

|            | 層     | 符号     | 膜厚<br>(nm) | 材料                       | 重量比    |
|------------|-------|--------|------------|--------------------------|--------|
| 発光素子<br>14 | 電極    | 102    | 200        | Al                       | -      |
|            | 電子注入層 | 119    | 1          | Liq                      | -      |
|            | 電子輸送層 | 118    | 25         | ZADN:Liq                 | 1:1    |
|            | 発光層   | 140    | 25         | 2aBA-αNPhA:1,6BnfAPrn-03 | 1:0.03 |
|            | 正孔輸送層 | 112(2) | 10         | HT602                    | -      |
|            |       | 112(1) | 20         | PCBBiF                   | -      |
|            | 正孔注入層 | 111    | 10         | PCBBiF:NDP-9             | 1:0.1  |
|            | 電極    | 101    | 70         | ITO                      | -      |

[0491]

《発光素子14の作製》

発光素子14の正孔注入層111として、電極101上にPCBBiFと、NDP-9と、を重量比

(PCBBiF:NDP-9)が1:0.1になるように、且つ厚さが10nmになるように共蒸着した。

[0492]

次に、正孔注入層111上に正孔輸送層112(1)として、PCBBiFを厚さが20nmになるように蒸着し、続いて正孔輸送層112(2)としてHT602を厚さが10nmとなるように蒸着した。なお、正孔輸送層112(2)は電子ブロック層としての機能を有する。

[0493]

次に、発光層140として、正孔輸送層112上に、2aBA- $\alpha$ NPhAと1,6BnfAPrn-03とを、重量比(2aBA- $\alpha$ NPhA:1,6BnfAPrn-03)が1:0.03になるように、且つ厚さが25nmになるように共蒸着した。なお、発光層140において、1,6BnfAPrn-03は、蛍光発光を呈するゲスト材料である。

[0494]

次に、発光層140上に、電子輸送層118として、ZADNとLi qを、重量比(ZADN:Li q)が1:1になるように、且つ厚さが25nmになるように共蒸着した。

[0495]

次に、電子輸送層118上に、電子注入層119として、Li qを厚さが1nmになるように蒸着した。

[0496]

次に、電子注入層119上に、電極102として、アルミニウム(Al)を厚さが200nmになるように形成した。

[0497]

次に、窒素雰囲気グローブボックス内において、封止材を用いて封止するために、発光素子を形成した基板とは別の基板(対向基板)を、発光素子を形成した基板に固定することで、発光素子14を封止した。具体的には、対向基板に乾燥剤を貼り、さらに発光素子を形成した範囲周辺に封止材を塗布した該対向基板と、発光素子を形成したガラス基板とを貼り合わせ、波長が365nmの紫外光を6J/cm<sup>2</sup>照射し、80℃にて1時間熱処理した。以上の工程により発光素子14を得た。

[0498]

<発光素子の特性>

次に、上記作製した発光素子14の特性を測定した。発光素子の測定条件は先に示す実施例と同様に行った。

[0499]

発光素子14の電流効率-輝度特性を図58に示す。また、電流密度-電圧特性を図59に示す。また、外部量子効率-輝度特性を図60に示す。また、発光素子14に12.5mA/cm<sup>2</sup>の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを図61に示す。

[0500]

また、1000cd/m<sup>2</sup>付近における、発光素子14の素子特性を表15に示す。

[0501]

[表 15]

|            | 電圧<br>(V) | 電流密度<br>(mA/cm <sup>2</sup> ) | CIE色度<br>(x, y) | 輝度<br>(cd/m <sup>2</sup> ) | 電流効率<br>(cd/A) | 電力効率<br>(lm/W) | 外部量子<br>効率(%) |
|------------|-----------|-------------------------------|-----------------|----------------------------|----------------|----------------|---------------|
| 発光素子<br>14 | 4.00      | 10.67                         | (0.141, 0.142)  | 990                        | 9.3            | 7.3            | 8.5           |

[0502]

図58及び表15で示すように、発光素子14は視感度が低い青色発光であるにも関わらず、9cd/Aを超える、青色蛍光素子としては高い電流効率を示した。

[0503]

図60及び表15で示すように、発光素子14は外部量子効率が8%を超える、蛍光素子としては高い外部量子効率を示した。なお発光素子14の外部量子効率は、理論値の最大値である7.5%よりも高い値となっている。これは上述の通り、TTAによる効果だと考えられる。

[0504]

図59及び表15で示すように、発光素子14は良好な駆動電圧を有することが分かった。

[0505]

また、図61より発光素子14の発光スペクトルは、460nm付近にスペクトルピークを有し、半値全幅は共に45nm程度であったため、発光素子14はゲスト材料である1,6-Bn-f-A-P-r-n-03に由来する青色の発光を示した。

[0506]

<発光素子の信頼性>

次に、発光素子14の2mAにおける定電流駆動試験を行った。その結果を図62に示す。図62より発光素子14はLT<sub>90</sub>が300時間以上である、非常に良好な信頼性を有することが分かった。

[実施例14]

[0507]

本実施例では、本発明の一態様に係る有機化合物を含む、上記実施例とは異なる発光素子の作製例と、当該発光素子の特性について説明する。本実施例で作製した発光素子の積層構造を図1(A)に示す。また、素子構造の詳細を表16に示す。なお、本実施例で用いた有機化合物については他の実施の形態または実施例を参照すればよい。

[0508]

[表 16]

|                  | 層         | 符号     | 膜厚<br>(nm) | 材料                                     | 重量比     |
|------------------|-----------|--------|------------|----------------------------------------|---------|
| 比較<br>発光素子<br>15 | 電極        | 102    | 200        | Al                                     | —       |
|                  | 電子注入層     | 119    | 1          | LiF                                    | —       |
|                  | 電子<br>輸送層 | 118(2) | 10         | NBPhen                                 | —       |
|                  |           | 118(1) | 15         | cgDBCzPA                               | —       |
|                  | 発光層       | 140    | 25         | cgDBCzPA: 1,6BnfAPrn-03                | 1:0.03  |
|                  | 正孔輸送層     | 112    | 30         | PCPPn                                  | —       |
|                  | 正孔注入層     | 111    | 10         | PCPPn: MoO <sub>3</sub>                | 1:0.5   |
|                  | 電極        | 101    | 70         | ITSO                                   | —       |
| 発光素子<br>16       | 電極        | 102    | 200        | Al                                     | —       |
|                  | 電子注入層     | 119    | 1          | LiF                                    | —       |
|                  | 電子<br>輸送層 | 118(2) | 10         | NBPhen                                 | —       |
|                  |           | 118(1) | 15         | 2mDBTBPDq-II                           | —       |
|                  | 発光層       | 140    | 25         | 2aBA- $\alpha$ NPhA :3,10PCA2Nb(IV)-02 | 1:0.015 |
|                  | 正孔<br>輸送層 | 112(2) | 10         | HT602                                  | —       |
|                  |           | 112(1) | 20         | PCBBiF                                 | —       |
|                  | 正孔注入層     | 111    | 10         | PCBBiF: NDP-9                          | 1:0.1   |
|                  | 電極        | 101    | 70         | ITSO                                   | —       |

[0509]

《比較発光素子15の作製》

比較発光素子15の正孔注入層111として、電極101上にPCPPnと、MoO<sub>3</sub>、を重量比（PCPPn:MoO<sub>3</sub>）が1:0.5になるように、且つ厚さが10nmになるように共蒸着した。

[0510]

次に、正孔注入層111上に正孔輸送層112として、PCPPnを厚さが30nmになるように蒸着した。

[0511]

次に、発光層140として、正孔輸送層112上に、cgDBCzPAと1,6BnfAPrn-03とを、重量比（cgDBCzPA:1,6BnfAPrn-03）が1:0.03になるように、且つ厚さが25nmになるように共蒸着した。なお、発光層140において、1,6BnfAPrn-03は、蛍光発光を呈するゲスト材料である。

[0512]

次に、発光層140上に、電子輸送層118(1)として、cgDBCzPAを厚さが15nmになるよう蒸着した。次に、電子輸送層118(1)上に、電子輸送層118(2)として、NBPhenを厚さが10nmになるように、順次蒸着した。

[0513]

次に、電子輸送層118上に、電子注入層119として、LiFを厚さが1nmになるように蒸着した。

[0514]

次に、電子注入層119上に、電極102として、アルミニウム（Al）を厚さが200nmになるように形成した。

[0515]

次に、窒素雰囲気グローブボックス内において、封止材を用いて封止するために、発光素子を形

成した基板とは別の基板（対向基板）を、発光素子を形成した基板に固定することで、比較発光素子 15 を封止した。具体的には、対向基板に乾燥剤を貼り、さらに発光素子を形成した範囲周辺に封止材を塗布した該対向基板と、発光素子を形成したガラス基板とを貼り合わせ、波長が 365 nm の紫外光を  $6 \text{ J/cm}^2$  照射し、80℃にて1時間熱処理した。以上の工程により比較発光素子 15 を得た。

[0516]

《発光素子 16 の作製》

発光素子 16 の正孔注入層 111 として、電極 101 上に PCBBiF と、NDP-9 と、を重量比（PCBBiF : NDP-9）が 1 : 0.1 になるように、且つ厚さが 10 nm になるように共蒸着した。

[0517]

次に、正孔注入層 111 上に正孔輸送層 112（1）として、PCBBiF を厚さが 20 nm になるように蒸着し、続いて正孔輸送層 112（2）として HT602 を厚さが 10 nm となるように蒸着した。なお、正孔輸送層 112（2）は電子ブロック層としての機能を有する。

[0518]

次に、発光層 140 として、正孔輸送層 112 上に、2aBA- $\alpha$ NPhA と 3,10PCA2Nbf (IV)-02 とを、重量比（2aBA- $\alpha$ NPhA : 3,10PCA2Nbf (IV)-02）が 1 : 0.015 になるように、且つ厚さが 25 nm になるように共蒸着した。なお、発光層 140 において、3,10PCA2Nbf (IV)-02 は、蛍光発光を呈するゲスト材料である。

[0519]

次に、発光層 140 上に、電子輸送層 118（1）として、2mDBTBPD Bq-11 を厚さが 15 nm になるよう蒸着した。次に、電子輸送層 118（1）上に、電子輸送層 118（2）として、NBPhen を厚さが 10 nm になるように、順次蒸着した。

[0520]

次に、電子輸送層 118 上に、電子注入層 119 として、LiF を厚さが 1 nm になるように蒸着した。

[0521]

次に、電子注入層 119 上に、電極 102 として、アルミニウム (Al) を厚さが 200 nm になるように形成した。

[0522]

次に、窒素雰囲気グローブボックス内において、封止材を用いて封止するために、発光素子を形成した基板とは別の基板（対向基板）を、発光素子を形成した基板に固定することで、発光素子 16 を封止した。具体的には、対向基板に乾燥剤を貼り、さらに発光素子を形成した範囲周辺に封止材を塗布した該対向基板と、発光素子を形成したガラス基板とを貼り合わせ、波長が 365 nm の紫外光を  $6 \text{ J/cm}^2$  照射し、80℃にて1時間熱処理した。以上の工程により発光素子 16 を得た。

[0523]

＜発光素子の特性＞

次に、上記作製した比較発光素子 15 及び発光素子 16 の特性を測定した。発光素子の測定条件は先に示す実施例と同様に行った。

[0524]

比較発光素子 15 及び発光素子 16 の電流効率－輝度特性を図 6 3 に示す。また、電流密度－電圧特性を図 6 4 に示す。また、外部量子効率－輝度特性を図 6 5 に示す。また、比較発光素子 15 及び発光素子 16 に  $12.5 \text{ mA/cm}^2$  の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを図 6 6 に示す。

[0525]

また、 $1000 \text{ cd/m}^2$  付近における、比較発光素子 15 及び発光素子 16 の素子特性を表 1 7 に示す。

[0526]

[表 1 7]

|                  | 電圧<br>(V) | 電流密度<br>(mA/cm <sup>2</sup> ) | CIE 色度<br>(x, y) | 輝度<br>(cd/m <sup>2</sup> ) | 電流効率<br>(cd/A) | 電力効率<br>(lm/W) | 外部量子<br>効率(%) |
|------------------|-----------|-------------------------------|------------------|----------------------------|----------------|----------------|---------------|
| 比較<br>発光素子<br>15 | 3.10      | 9.4                           | (0.140, 0.114)   | 931.1                      | 9.9            | 10.1           | 10.6          |
| 発光素子<br>16       | 3.70      | 7.25                          | (0.141, 0.148)   | 915.6                      | 12.6           | 10.7           | 11.4          |

[0527]

図 6 3 及び表 1 7 で示すように、比較発光素子 15 及び発光素子 16 は共に視感度が低い青色発光であるにも関わらず、 $9 \text{ cd/A}$  を超える、青色蛍光素子としては高い電流効率を示した。

[0528]

図 6 5 及び表 1 7 で示すように、比較発光素子 15 及び発光素子 16 は共に  $10\%$  を超える、蛍光素子としては高い外部量子効率を示した。なお比較発光素子 15 及び発光素子 16 の外部量子効率は、理論値の最大値である  $7.5\%$  よりも高い値となっている。これは上述の通り、TTA による効果だと考えられる。

[0529]

図 6 4 及び表 1 7 で示すように、比較発光素子 15 及び発光素子 16 は共に良好な駆動電圧を有することが分かった。

[0530]

また、図 6 6 より比較発光素子 15 及び発光素子 16 の発光スペクトルはそれぞれ、 $457 \text{ nm}$  及び  $460 \text{ nm}$  付近にスペクトルピークを有し、半値全幅はそれぞれ  $41 \text{ nm}$  及び  $45 \text{ nm}$  程度であったため、比較発光素子 15 及び発光素子 16 はそれぞれが有するゲスト材料に由来する青色の発光を示した。

[0531]

<発光素子の信頼性>

次に、比較発光素子 15 及び発光素子 16 の  $2 \text{ mA}$  における定電流駆動試験を行った。その結果を図 6 7 (A) 及び (B) に示す。図 6 7 (A) は横軸をリニアスケールで表しており、図 6 7 (B) は横軸を対数スケールで表している。図 6 7 (A) 及び (B) より比較発光素子 15 及び発光素子 16 は共に  $L T_{90}$  が  $100$  時間以上である、良好な信頼性を有することが分かった。特に発光素子 16 は  $L T_{90}$  を見積もると  $400$  時間を超えており、非常に良好な信頼性を有することが分かった。また、発光素子 16 は比較発光素子 15 よりも 4 倍以上長寿命な素子であることが分かった。

[実施例 15]

[0532]

本実施例では、一般式（G 1）で表される本発明の一態様である有機化合物、4-〔9-（1-ナフチル）-10-（3-ビフェニル）-2-アントリル〕ベンゾ〔a〕アントラセン（略称：2 a B A- $\alpha$  N m B P h A）（構造式（1 2 0））の合成方法について説明する。

[0 5 3 3]

<ステップ 1：2 a B A- $\alpha$  N m B P h A の合成>

50 mL 3口フラスコに2-クロロ-9-（1-ナフチル）-10-（3-ビフェニル）アントラセン 1.3 g（2.6 mmol）、ベンゾ〔a〕アントラセン-4-ボロン酸 0.81 g（3.0 mmol）、ジ（1-アダマンチル）-n-ブチルホスフィン 93 mg（0.26 mmol）、リン酸三カリウム 1.7 g（7.8 mmol）、tert-ブチルアルコール 0.58 g（7.8 mmol）を加え、フラスコ内を窒素置換した。この混合物にジエチレングリコールジメチルエーテル 13 mLを加え、減圧下で攪拌する事で脱気した。この混合物に、酢酸パラジウム（I I）29 mg（0.13 mmol）を加え、窒素気流下、120℃で20時間攪拌した。

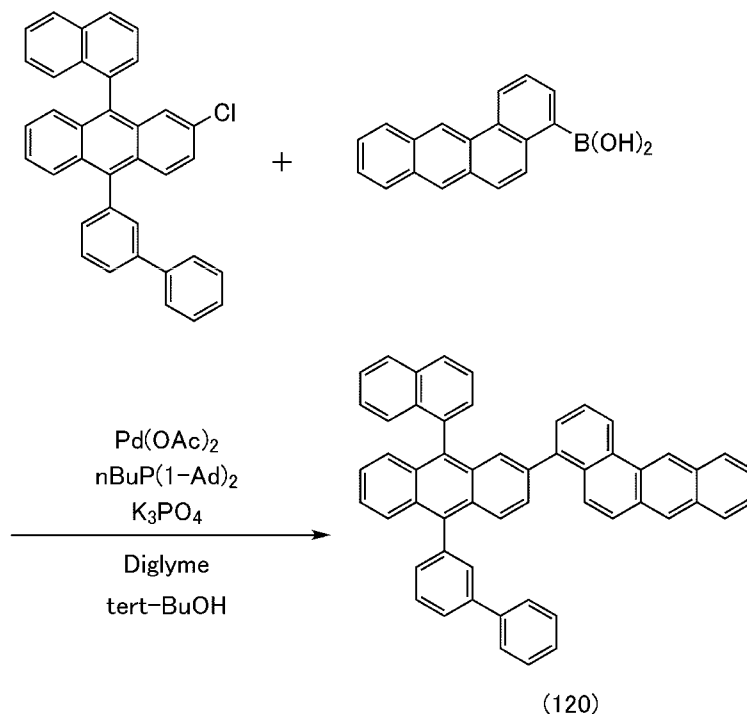
[0 5 3 4]

攪拌後、この混合物に水を加え、吸引濾過して得た固体をトルエンに溶解し、セライト・アルミナ・フロリジルを通して吸引濾過した。得られたろ液を濃縮して得た固体を、高速液体クロマトグラフィー（HPLC）により精製し、さらにトルエン／ヘキサンで再結晶したところ、目的物の淡黄色固体を収量 1.0 g、収率 57% で得た。上記合成方法の合成スキームを下記式（A-6）に示す。

[0 5 3 5]

[化 3 6]

(A-6)



[0 5 3 6]

得られた淡黄色固体 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 3.5 Pa、アルゴン流量 5.0 mL/min の条件で、淡黄色固体を 330℃で加熱して行った。昇華精製後、黄色固体を 0.68 g、回収率 68% で得た。

[0537]

得られた黄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68 (A) (B) に示す。なお、図68 (B) は、図68 (A) における 7.0 ppm ~ 9.5 ppm の範囲を拡大して表したチャートである。この結果から、本実施例において、上述の構造式 (120) で表される本発明の一態様である有機化合物、2aBA- $\alpha$ NmBPhA が得られたことがわかった。

[0538]

$^1\text{H-NMR}$  ( $\text{CDCl}_3$ , 300 MHz):  $\delta$  = 7.22–7.66 (m, 20H)、7.71–8.10 (m, 11H)、8.26 (s, 1H)、8.76 (d,  $J$  = 7.8 Hz, 1H)、9.13 (s, 1H)。

[0539]

<2aBA- $\alpha$ NmBPhA の特性>

次に、2aBA- $\alpha$ NmBPhA のトルエン溶液の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを測定した結果を図69に示す。また、薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを図70に示す。測定は実施例1と同様に行った。

[0540]

図69の結果より、2aBA- $\alpha$ NmBPhA のトルエン溶液では、404 nm、382 nm、364 nm、348 nm 付近に吸収ピークが見られ、443 nm、420 nm 付近 (励起波長 382 nm) に発光波長のピークが見られた。また、図70の結果より、2aBA- $\alpha$ NmBPhA の固体薄膜では、408 nm、386 nm、368 nm、329 nm、316 nm、269 nm 付近に吸収ピークが見られ、453 nm、428 nm 付近 (励起波長 370 nm) に発光波長のピークが見られた。

[0541]

なお、2aBA- $\alpha$ NmBPhA は青色に発光することを確認した。本発明の一態様の有機化合物である 2aBA- $\alpha$ NmBPhA 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、2aBA- $\alpha$ NmBPhA の薄膜は、大気下においても凝集しにくく、形態の変化が小さい良好な膜質であることがわかった。

[0542]

次に、2aBA- $\alpha$ NmBPhA の CV 測定を行った。測定は実施例1と同様の方法で行った。

[0543]

この結果、2aBA- $\alpha$ NmBPhA の酸化電位  $E_a$  [V] の測定において、HOMO 準位は -5.81 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 -2.80 eV であることがわかった。

[実施例16]

[0544]

本実施例では本発明の一態様である、一般式 (G1) で表される化合物の一つ、4-[9-(2-ナフチル)-10-フェニル-2-アントリル] ベンゾ [a] アントラセン (略称: 2aBA- $\beta$ NPhA) (構造式 (115)) の合成方法について説明する。

[0545]

<ステップ1: 2aBA- $\beta$ NPhA の合成>

50 mL 3口フラスコに 2-クロロ-9-(2-ナフチル)-10-フェニルアントラセン 1.1 g

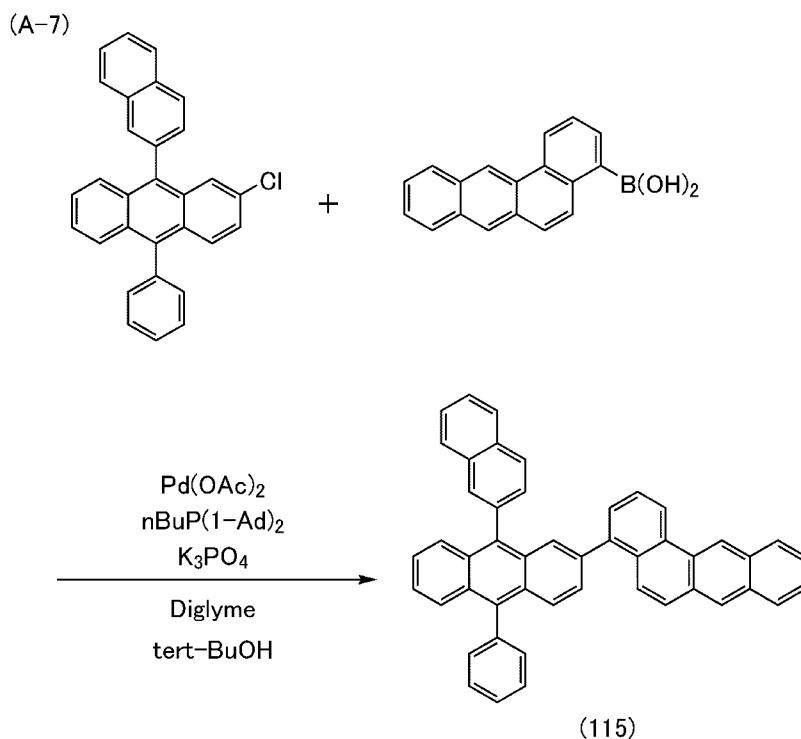
(2.7 mmol)、ベンゾ[a]アントラセン-4-ボロン酸0.74 g (2.7 mmol)、ジ(1-アダマンチル)-n-ブチルホスフィン30 mg (0.14 mmol)、リン酸三カリウム1.7 g (8.1 mmol)、tert-ブチルアルコール0.60 g (8.1 mmol)を加え、フラスコ内を窒素置換した。この混合物にジエチレングリコールジメチルエーテル13 mLを加え、減圧下で攪拌する事で脱気した。この混合物に、酢酸パラジウム(II)30 mg (0.14 mmol)を加え、窒素気流下、80℃で8時間攪拌した。

[0546]

攪拌後、この混合物に水を加え、吸引濾過して得た固体をトルエンに溶解し、セライト・酸化アルミニウム・フロリジルを通して吸引濾過した。得られたろ液を濃縮して得た固体を、高速液体クロマトグラフィー(HPLC)により精製し、さらにトルエン/ヘキサンで再結晶したところ、目的物の淡黄色固体を収量0.72 g、収率44%で得た。上記合成方法の合成スキームを下記式(A-7)に示す。

[0547]

[化37]



[0548]

得られた淡黄色固体0.72 gをトレインサブリメーション法により昇華精製した。昇華精製は、圧力3.8 Pa、アルゴン流量5.0 mL/minの条件で、淡黄色固体を260℃で加熱して行った。昇華精製後、淡黄色固体を0.65 g、回収率90%で得た。

[0549]

得られた淡黄色固体の核磁気共鳴分光法(<sup>1</sup>H-NMR)による分析結果を下記に示す。また、<sup>1</sup>H-NMRチャートを図71(A)(B)に示す。なお、図71(B)は、図71(A)における7.0 ppm~9.5 ppmの範囲を拡大して表したチャートである。この結果から、本実施例において、上述の構造式(115)で表される本発明の一態様である有機化合物、2aBA-βNP hAが得られたことがわかった。

[0550]

$^1\text{H}$  NMR ( $\text{CDCl}_3$ , 300 MHz):  $\delta$  = 7.30–7.40 (m, 2H)、7.48–7.79 (m, 17H)、7.85–7.94 (m, 4H)、8.00–8.03 (m, 3H)、8.09–8.12 (m, 1H)、8.31 (s, 1H)、8.81 (d,  $J$  = 7.5 Hz, 1H)、9.17 (s, 1H)。

[0551]

< 2aBA- $\beta$ NPhAの特性 >

次に、2aBA- $\beta$ NPhAのトルエン溶液の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを測定した結果を図72に示す。また、薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを図73に示す。測定は実施例1と同様に行った。

[0552]

図72の結果より、2aBA- $\beta$ NPhAのトルエン溶液では、403 nm、382 nm、365 nm、347 nm、296 nm付近に吸収ピークが見られ、449 nm、430 nm付近（励起波長382 nm）に発光波長のピークが見られた。また、図73の結果より、2aBA- $\beta$ NPhAの固体薄膜では、410 nm、388 nm、370 nm、305 nm、292 nm付近に吸収ピークが見られ、468 nm、447 nm付近（励起波長370 nm）に発光波長のピークが見られた。

[0553]

なお、2aBA- $\beta$ NPhAは青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、2aBA- $\beta$ NPhA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、2aBA- $\beta$ NPhAの薄膜は、大気下においても凝集しにくく、形態の変化が小さい良好な膜質であることがわかった。

[0554]

次に、2aBA- $\beta$ NPhAのCV測定を行った。測定は実施例1と同様の方法で行った。

[0555]

この結果、2aBA- $\beta$ NPhAの酸化電位 $E_a$  [V] の測定において、HOMO準位は-5.79 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-2.78 eVであることがわかった。

[実施例17]

[0556]

本実施例では本発明の一態様である、一般式(G1)で表される化合物の一つ、4-[10-(1-ナフチル)-9-(3-ビフェニル)-2-アントリル]ベンゾ[a]アントラセン（略称：3aBA- $\alpha$ NmBPhA）（構造式(167)）の合成方法について説明する。

[0557]

<ステップ1：3aBA- $\alpha$ NmBPhAの合成>

200 mL三口フラスコに2-クロロ-10-(1-ナフチル)-9-(3-ビフェニル)アントラセン2.3 g (4.7 mmol)、ベンゾ[a]アントラセン-4-ボロン酸1.4 g (5.2 mmol)、ジ(1-アダマンチル)-n-ブチルホスフィン0.17 g (0.48 mmol)、リン酸三カリウム3.0 g (14 mmol)、tert-ブチルアルコール1.0 g (14 mmol)を加え、フラスコ内を窒素置換した。この混合物にジエチレングリコールジメチルエーテル24 mLを加え、減圧下で攪拌する事で脱気した。この混合物に、酢酸パラジウム(II) 54 mg (0.24 mmol)を加え、室温で攪拌した。

mol)を加え、窒素気流下、130℃で18時間攪拌した。

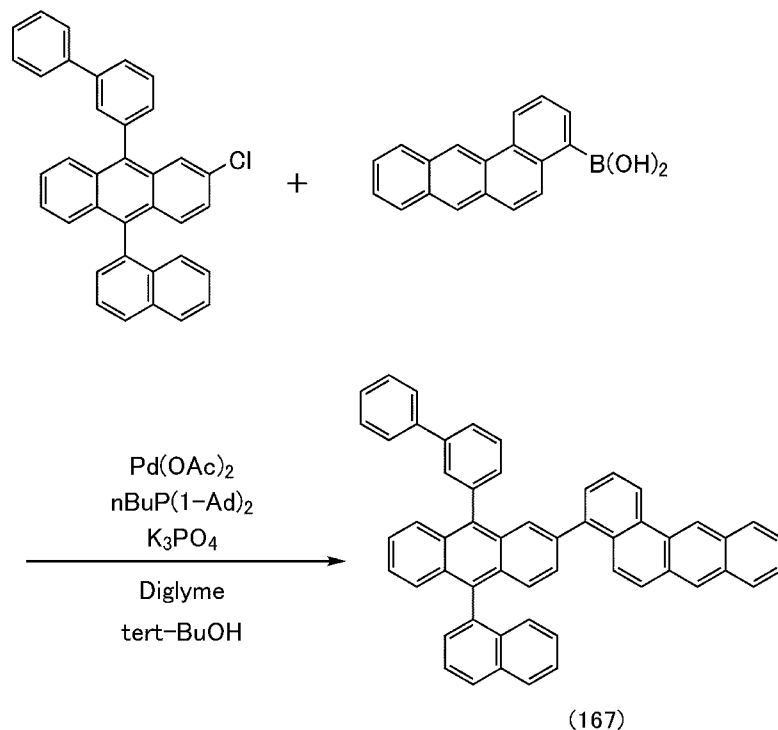
[0558]

攪拌後、この混合物に水を加え、吸引濾過して得た固体をトルエンに溶解し、セライト・酸化アルミニウム・フロリジルを通して吸引濾過した。得られたろ液を濃縮して得た固体を、高速液体クロマトグラフィー (HPLC) により精製し、さらにトルエンで再結晶したところ、目的物の淡黄色固体を収量1.2g、収率38%で得た。上記合成方法の合成スキームを下記式 (A-8) に示す。

[0559]

[化38]

(A-8)



[0560]

得られた淡黄色固体1.2g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3.6Pa、アルゴン流量5.0mL/minの条件で、淡黄色固体を310℃で加熱して行った。昇華精製後、淡黄色固体を1.0g、回収率83%で得た。

[0561]

得られた淡黄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74 (A) (B) に示す。なお、図74 (B) は、図74 (A) における7.0ppm~10ppmの範囲を拡大して表したチャートである。この結果から、本実施例において、上述の構造式 (167) で表される本発明の一態様である有機化合物、3aBA- $\alpha$ NmBPhAが得られたことがわかった。

[0562]

$^1\text{H-NMR}$  (DMSO, 300MHz):  $\delta$  = 7.11 (d,  $J$  = 8.4Hz, 1H)、7.35–7.88 (m, 25H)、7.99 (d,  $J$  = 17Hz, 1H)、8.12–8.26 (m, 4H)、8.42 (s, 1H)、9.02 (d,  $J$  = 4.5Hz, 1H)、9.48 (s, 1H)。

[0563]

### < 3 a B A - $\alpha$ N m B P h A の特性 >

次に、3 a B A -  $\alpha$  N m B P h A のトルエン溶液の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを測定した結果を図 7 5 に示す。また、薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを図 7 6 に示す。測定は実施例 1 と同様に行った。

[ 0 5 6 4 ]

図 7 5 の結果より、3 a B A -  $\alpha$  N m B P h A のトルエン溶液では、4 0 4 n m、3 8 3 n m、3 6 4 n m、3 4 7 n m 付近に吸収ピークが見られ、4 4 5 n m、4 2 1 n m 付近 (励起波長 3 8 2 n m) に発光波長のピークが見られた。また、図 7 6 の結果より、3 a B A -  $\alpha$  N m B P h A の固体薄膜では、4 0 9 n m、3 8 7 n m、3 6 8 n m、2 9 1 n m 付近に吸収ピークが見られ、5 8 8 n m、5 4 3 n m、5 0 2 n m、4 6 8 n m、4 3 7 n m 付近 (励起波長 3 7 0 n m) に発光波長のピークが見られた。

[ 0 5 6 5 ]

なお、3 a B A -  $\alpha$  N m B P h A は青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、3 a B A -  $\alpha$  N m B P h A 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、3 a B A -  $\alpha$  N m B P h A の薄膜は、大気下においても凝集しにくく、形態の変化が小さい良好な膜質であることがわかった。

[ 0 5 6 6 ]

次に、3 a B A -  $\alpha$  N m B P h A の C V 測定を行った。測定は実施例 1 と同様の方法で行った。

[ 0 5 6 7 ]

この結果、3 a B A -  $\alpha$  N m B P h A の酸化電位  $E_a$  [V] の測定において、HOMO 準位は - 5 . 8 2 e V 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 . 8 1 e V であることがわかった。

[実施例 1 8]

[ 0 5 6 8 ]

本実施例では本発明の一態様である、一般式 (G 1) で表される化合物の一つ、4 - [1 0 - (2 - ナフチル) - 9 - フェニル - 2 - アントリル] ベンゾ [a] アントラセン (略称: 3 a B A -  $\beta$  N P h A) (構造式 (1 1 7)) の合成方法について説明する。

[ 0 5 6 9 ]

### < ステップ 1 : 3 a B A - $\beta$ N P h A の合成 >

5 0 m L 3 口フラスコに 2 - クロロ - 1 0 - (2 - ナフチル) - 9 - フェニルアントラセン 1 . 6 g (3 . 9 m m o l)、ベンゾ [a] アントラセン - 4 - ボロン酸 1 . 1 g (3 . 9 m m o l)、ジ (1 - アダマンチル) - n - ブチルホスフィン 0 . 1 4 g (0 . 4 0 m m o l)、リン酸三カリウム 2 . 5 g (1 2 m m o l)、t e r t - ブチルアルコール 0 . 8 9 g (1 2 m m o l) を加え、フラスコ内を窒素置換した。この混合物にジエチレングリコールジメチルエーテル 2 0 m L を加え、減圧下で攪拌する事で脱気した。この混合物に、酢酸パラジウム (I I) 4 5 m g (0 . 2 0 m m o l) を加え、窒素気流下、9 0 °C で 1 4 時間攪拌した。

[ 0 5 7 0 ]

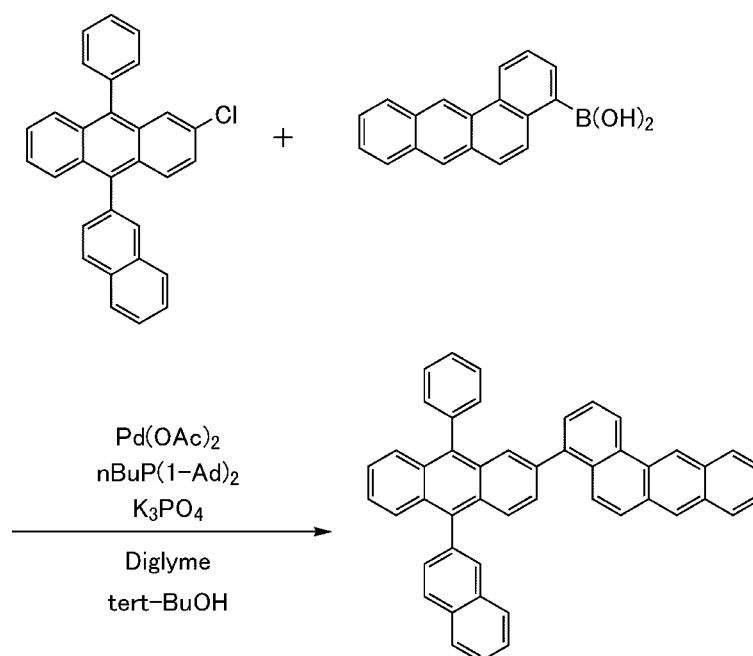
攪拌後、この混合物に水を加え、吸引濾過して得た固体をトルエンに溶解し、セライト・酸化アルミニウム・フロリジールを通して吸引濾過した。得られたろ液を濃縮して得た固体を、高速液体クロマトグラフィー (H P L C) により精製し、さらにトルエン/ヘキサンで再結晶したところ、目的物の

淡黄色固体を収量 1.0 g、収率 41% で得た。上記合成方法の合成スキームを下記式 (A-9) に示す。

[0571]

[化39]

(A-9)



(117)

[0572]

得られた淡黄色固体 1.0 g をトレインサブリメーション法により昇華精製した。昇華精製は、圧力 3.8 Pa、アルゴン流量 5.0 mL/min の条件で、淡黄色固体を 270℃ で加熱して行った。昇華精製後、淡黄色固体を 0.88 g、回収率 88% で得た。

[0573]

得られた淡黄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 77 (A) (B) に示す。なお、図 77 (B) は、図 77 (A) における 7.0 ppm ~ 9.5 ppm の範囲を拡大して表したチャートである。この結果から、本実施例において、上述の構造式 (117) で表される本発明の一態様である有機化合物、3aBA- $\beta$ NPhA が得られたことがわかった。

[0574]

$^1\text{H-NMR}$  ( $\text{CDCl}_3$ , 300 MHz):  $\delta$  = 7.31–7.40 (m, 2H)、7.42–7.80 (m, 17H)、7.84–7.88 (m, 2H)、7.95–8.14 (m, 6H)、8.33 (s, 1H)、8.84 (d,  $J$  = 8.1 Hz, 1H)、9.20 (s, 1H)。

[0575]

<3aBA- $\beta$ NPhA の特性>

次に、3aBA- $\beta$ NPhA のトルエン溶液の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを測定した結果を図 78 に示す。また、薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを図 79 に示す。測定は実施例 1 と同様に行った。

[0576]

図78の結果より、3aBA-βNPhAのトルエン溶液では、403nm、382nm、364nm、348nm、297nm付近に吸収ピークが見られ、447nm、426nm付近（励起波長382nm）に発光波長のピークが見られた。また、図79の結果より、3aBA-βNPhAの固体薄膜では、410nm、389nm、370nm、302nm、293nm付近に吸収ピークが見られ、466nm、444nm付近（励起波長370nm）に発光波長のピークが見られた。

[0577]

なお、3aBA-βNPhAは青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、3aBA-βNPhA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、3aBA-βNPhAの薄膜は、大気下においても凝集しにくく、形態の変化が小さい良好な膜質であることがわかった。

[0578]

次に、3aBA-βNPhAのCV測定を行った。測定は実施例1と同様の方法で行った。

[0579]

この結果、3aBA-βNPhAの酸化電位 $E_a$  [V] の測定において、HOMO準位は-5.79 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-2.78 eVであることがわかった。

[実施例19]

[0580]

本実施例では、本発明の一態様の発光素子の作製例と該発光素子の特性について説明する。本実施例で作製した発光素子の構成は図1（A）と同様である。素子構造の詳細を表18に示す。また、使用した有機化合物の構造と略称を以下に示す。なお、他の有機化合物については先の実施例及び実施の形態を参照すればよい。

[0581]

[表18]

|                | 層         | 符号     | 膜厚<br>(nm) | 材料                                                     | 重量比     |
|----------------|-----------|--------|------------|--------------------------------------------------------|---------|
| 発光<br>素子<br>17 | 電極        | 102    | 200        | Al                                                     | —       |
|                | 電子注入層     | 119    | 1          | LiF                                                    | —       |
|                | 電子<br>輸送層 | 118(2) | 5          | NBPhen                                                 | —       |
|                |           | 118(1) | 15         | 2mDBTBPD <sub>Bq-II</sub>                              | —       |
|                | 発光層       | 140    | 25         | 2aBA- $\alpha$ NmBPhA :3,10PCA2Nb <sub>f</sub> (IV)-02 | 1:0.015 |
|                | 正孔<br>輸送層 | 112(2) | 10         | HT602                                                  | —       |
|                |           | 112(1) | 20         | PCBBiF                                                 | —       |
|                | 正孔注入層     | 111    | 10         | PCBBiF: NDP-9                                          | 1:0.1   |
| 電極             | 101       | 70     | ITSO       | —                                                      |         |
| 発光<br>素子<br>18 | 電極        | 102    | 200        | Al                                                     | —       |
|                | 電子注入層     | 119    | 1          | LiF                                                    | —       |
|                | 電子<br>輸送層 | 118(2) | 10         | NBPhen                                                 | —       |
|                |           | 118(1) | 15         | 2mDBTBPD <sub>Bq-II</sub>                              | —       |
|                | 発光層       | 140    | 25         | 3aBA- $\alpha$ NmBPhA:3,10PCA2Nb <sub>f</sub> (IV)-02  | 1:0.015 |
|                | 正孔<br>輸送層 | 112(2) | 10         | HT602                                                  | —       |
|                |           | 112(1) | 20         | PCBBiF                                                 | —       |
|                | 正孔注入層     | 111    | 10         | PCBBiF: NDP-9                                          | 1:0.1   |
| 電極             | 101       | 70     | ITSO       | —                                                      |         |
| 発光<br>素子<br>19 | 電極        | 102    | 200        | Al                                                     | —       |
|                | 電子<br>注入層 | 119    | 1          | LiF                                                    | —       |
|                | 電子<br>輸送層 | 118(2) | 10         | NBPhen                                                 | —       |
|                |           | 118(1) | 15         | 2mDBTBPD <sub>Bq-II</sub>                              | —       |
|                | 発光層       | 140    | 25         | 2aBA- $\beta$ NPhA :3,10PCA2Nb <sub>f</sub> (IV)-02    | 1:0.03  |
|                | 正孔<br>輸送層 | 112(2) | 10         | HT602                                                  | —       |
|                |           | 112(1) | 20         | PCBBiF                                                 | —       |
|                | 正孔注入層     | 111    | 10         | PCBBiF: NDP-9                                          | 1:0.1   |
| 電極             | 101       | 70     | ITSO       | —                                                      |         |
| 発光<br>素子<br>20 | 電極        | 102    | 200        | Al                                                     | —       |
|                | 電子<br>注入層 | 119    | 1          | LiF                                                    | —       |
|                | 電子<br>輸送層 | 118(2) | 10         | NBPhen                                                 | —       |
|                |           | 118(1) | 15         | 2mDBTBPD <sub>Bq-II</sub>                              | —       |
|                | 発光層       | 140    | 25         | 3aBA- $\beta$ NPhA:3,10PCA2Nb <sub>f</sub> (IV)-02     | 1:0.03  |
|                | 正孔<br>輸送層 | 112(2) | 10         | HT602                                                  | —       |
|                |           | 112(1) | 20         | PCBBiF                                                 | —       |
|                | 正孔注入層     | 111    | 10         | PCBBiF: NDP-9                                          | 1:0.1   |
| 電極             | 101       | 70     | ITSO       | —                                                      |         |

[0582]

《発光素子17乃至発光素子20の作製》

発光素子17乃至発光素子20は、先に示す発光素子16と、発光層130の構成（発光素子17は電子輸送層118の構成も）のみ異なり、それ以外の工程は、発光素子16と同様の作製方法とした。素子構造の詳細は表18に示す通りであるため、作製方法の詳細は省略する。

[0583]

＜発光素子の特性＞

次に、上記作製した発光素子17乃至発光素子20の特性を測定した。測定は実施例7と同様に行った。

[0584]

発光素子17乃至発光素子20の電流効率－輝度特性を図80に示す。また、電流密度－電圧特性を図81に示す。また、外部量子効率－輝度特性を図82に示す。また、発光素子17乃至発光素子20

0に12.5 mA/cm<sup>2</sup>の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを図83に示す。

[0585]

また、1000 cd/m<sup>2</sup>付近における、発光素子17乃至発光素子20の素子特性を表19に示す。

[0586]

[表19]

|                | 電圧<br>(V) | 電流密度<br>(mA/cm <sup>2</sup> ) | CIE色度<br>(x, y) | 輝度<br>(cd/m <sup>2</sup> ) | 電流効率<br>(cd/A) | 電力効率<br>(lm/W) | 外部量子<br>効率(%) |
|----------------|-----------|-------------------------------|-----------------|----------------------------|----------------|----------------|---------------|
| 発光<br>素子<br>17 | 3.70      | 8.8                           | (0.141,0.154)   | 1101.0                     | 12.5           | 10.6           | 10.8          |
| 発光<br>素子<br>18 | 3.60      | 9.19                          | (0.142,0.162)   | 1237.0                     | 13.5           | 11.7           | 11.4          |
| 発光<br>素子<br>19 | 3.60      | 7.9                           | (0.140,0.172)   | 1121.0                     | 14.1           | 12.3           | 11.6          |
| 発光<br>素子<br>20 | 3.60      | 6.64                          | (0.140,0.178)   | 977.2                      | 14.7           | 12.8           | 11.8          |

[0587]

図80及び表19で示すように、発光素子17乃至発光素子20は視感度が低い青色発光であるにも関わらず、12 cd/Aを超える、青色蛍光素子としては高い電流効率を示した。

[0588]

図82及び表19で示すように、発光素子17乃至発光素子20は外部量子効率が10%を超える、蛍光素子としては高い外部量子効率を示した。なお、発光素子17乃至発光素子20の外部量子効率は、理論値の最大値である7.5%よりも高い値となっている。これは上述の通り、TTAによる効果だと考えられる。

[0589]

図81及び表19で示すように、発光素子17乃至発光素子20は良好な駆動電圧特性を有することが分かった。

[0590]

また、図83より発光素子17乃至発光素子20の発光スペクトルは、464 nm付近にスペクトルピークを有し、半値全幅は共に42 nm程度であったため、発光素子17乃至発光素子20はゲスト材料である3, 10PCA2Nb f (IV) - 02に由来する青色の発光を示した。

[0591]

<発光素子の信頼性>

次に、発光素子17乃至発光素子20の2 mAにおける定電流駆動試験を行った。その結果を図84に示す。図84より発光素子17乃至発光素子20はLT<sub>90</sub>が180時間以上である、良好な信頼性を有することが分かった。特に、発光素子18及び発光素子20はLT<sub>90</sub>が250時間以上である、とても良好な信頼性を有することが分かった。

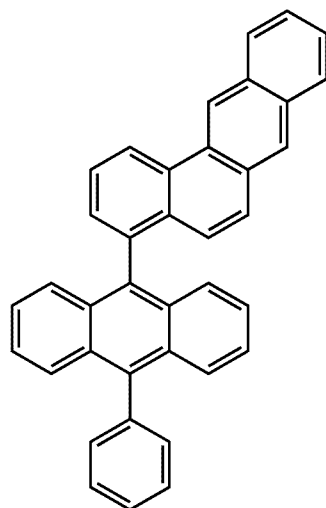
[実施例 20]

[0592]

本実施例では、本発明の一態様の発光素子の作製例と該発光素子の特性について説明する。本実施例で作製した発光素子の構成は図1（A）と同様である。素子構造の詳細を表20に示す。また、使用した有機化合物の構造と略称を以下に示す。なお、他の有機化合物については先の実施例及び実施の形態を参照すればよい。

[0593]

[化40]



aBAPhA

[0594]

[表20]

|              | 層     | 符号  | 膜厚<br>(nm) | 材料                                 | 重量比    |
|--------------|-------|-----|------------|------------------------------------|--------|
| 比較<br>発光素子21 | 電極    | 102 | 200        | Al                                 | —      |
|              | 電子注入層 | 119 | 1          | LiF                                | —      |
|              | 電子輸送層 | 118 | 25         | NBPhen                             | —      |
|              | 発光層   | 140 | 25         | aBAPhA :1,6BnfAprn-03              | 1:0.03 |
|              | 正孔輸送層 | 112 | 30         | PCPPn                              | —      |
|              | 正孔注入層 | 111 | 10         | PCPPn: MoO <sub>3</sub>            | 1:0.5  |
|              | 電極    | 101 | 70         | ITSO                               | —      |
| 発光素子22       | 電極    | 102 | 200        | Al                                 | —      |
|              | 電子注入層 | 119 | 1          | LiF                                | —      |
|              | 電子輸送層 | 118 | 25         | NBPhen                             | —      |
|              | 発光層   | 140 | 25         | 2aBAPA :1,6BnfAprn-03              | 1:0.03 |
|              | 正孔輸送層 | 112 | 30         | PCPPn                              | —      |
|              | 正孔注入層 | 111 | 10         | PCPPn: MoO <sub>3</sub>            | 1:0.5  |
|              | 電極    | 101 | 70         | ITSO                               | —      |
| 発光素子23       | 電極    | 102 | 200        | Al                                 | —      |
|              | 電子注入層 | 119 | 1          | LiF                                | —      |
|              | 電子輸送層 | 118 | 25         | NBPhen                             | —      |
|              | 発光層   | 140 | 25         | 2aBA- $\alpha$ NPhA :1,6BnfAprn-03 | 1:0.03 |
|              | 正孔輸送層 | 112 | 30         | PCPPn                              | —      |
|              | 正孔注入層 | 111 | 10         | PCPPn: MoO <sub>3</sub>            | 1:0.5  |
|              | 電極    | 101 | 70         | ITSO                               | —      |

[0595]

《比較発光素子21の作製》

ガラス基板上に電極101として、ITSO膜をスパッタリング法にて厚さが70nmになるように形成した。なお、電極101の電極面積は、4mm<sup>2</sup> (2mm×2mm) とした。次に基板上に発光素子を形成するための前処理として、基板表面を水で洗浄し、200℃で1時間乾燥させた後、UVオゾン処理を370秒行った。その後、 $1 \times 10^{-4}$  Pa程度の真空度に保たれた真空蒸着装置に基板を入れ、170℃で30分間のベークを行った。その後、基板を30分程度放冷した。

[0596]

次に、電極101上に正孔注入層111として、PCPPnと、酸化モリブデン(VI) (MoO<sub>3</sub>) と、を重量比(PCPPn: MoO<sub>3</sub>) が1:0.5になるように、且つ厚さが10nmになるように共蒸着した。

[0597]

次に、正孔注入層111上に正孔輸送層112として、PCPPnを厚さが30nmになるように蒸着した。

[0598]

次に、発光層140として、正孔輸送層112上に、4-(10-フェニルー9-アントリル)ベンゾ[a]アントラセン(略称: aBAPhA)と1,6BnfAprn-03とを、重量比(aBAPhA: 1,6BnfAprn-03)が1:0.03になるように、且つ厚さが25nmになるように共蒸着した。なお、発光層140において、1,6BnfAprn-03は、蛍光発光を呈するゲスト材料である。

[0599]

次に、発光層140上に、電子輸送層118として、NBPhenを厚さが25nmになるように蒸

着した。

[0600]

次に、電子輸送層118上に、電子注入層119として、LiFを厚さが1nmになるように蒸着した。

[0601]

次に、電子注入層119上に、電極102として、アルミニウム(Al)を厚さが200nmになるように形成した。

[0602]

次に、窒素雰囲気グローブボックス内において、封止材を用いて封止するために、発光素子を形成した基板とは別の基板(対向基板)を、発光素子を形成した基板に固定することで、比較発光素子21を封止した。具体的には、対向基板に乾燥剤を貼り、さらに発光素子を形成した範囲周辺に封止材を塗布した該対向基板と、発光素子を形成したガラス基板とを貼り合わせ、波長が365nmの紫外光を6J/cm<sup>2</sup>照射し、80℃にて1時間熱処理した。以上の工程により比較発光素子21を得た。

[0603]

《発光素子22及び発光素子23の作製》

発光素子22及び発光素子23の作製工程は、先に示した比較発光素子21と発光層140の作製工程のみ異なり、その他の作製工程は比較発光素子20と同様である。発光素子22及び発光素子23の素子構造は表20に示す通りであるため、詳細な作製工程に関しては省略する。

[0604]

比較発光素子21、発光素子22及び発光素子23の素子構造は、発光層140に用いたホスト材料のみ異なり、その他の構成は全て発光素子において同様である。なお、発光素子22及び発光素子23はそれぞれ本発明の一態様の有機化合物である2aBAPA及び2aBA- $\alpha$ NPhAを用いており、比較発光素子1は比較物質であるaBAPhAを用いている。2aBAPA及び2aBA- $\alpha$ NPhAはベンゾアントラセン骨格がアントラセン骨格の2位において結合しているが、aBAPhAはベンゾアントラセン骨格がアントラセン骨格の9位において結合している。

[0605]

＜発光素子の信頼性＞

比較発光素子21、発光素子22及び発光素子23の2mAにおける定電流駆動試験を行った。その結果を図85に示す。図85より発光素子22及び発光素子23は比較発光素子21よりも良好な信頼性を有していることが分かった。よって、青色蛍光素子に用いるホスト材料としては、ベンゾアントラセン骨格がアントラセン骨格の9位において結合している化合物よりも、ベンゾアントラセン骨格がアントラセン骨格の2位において結合している化合物の方が良好な信頼性を示すことが分かった。

[0606]

[符号の説明]

100:EL層、101:電極、102:電極、103:EL層、106:発光ユニット、108:発光ユニット、110:発光素子、111:正孔注入層、112:正孔輸送層、112-a:正孔輸送層、112-b:正孔輸送層、112-c:正孔輸送層、113:電子輸送層、114:電子注入層、115:電荷発生層、116:正孔注入層、117:正孔輸送層、118:電子輸送

層、119：電子注入層、120：発光層、121：ホスト材料、122：ゲスト材料、131：正孔注入層材料、132：正孔輸送材料、133：正孔輸送材料、134：正孔輸送材料、140：発光層、141：ホスト材料、142：ゲスト材料、150：発光素子、152：発光素子、170：発光層、250：発光素子、600A：ALSモデル、601：ソース側駆動回路、602：画素部、603：ゲート側駆動回路、604：封止基板、605：シール材、607：空間、608：配線、610：素子基板、611：スイッチング用TFT、612：電流制御用TFT、613：電極、614：絶縁物、616：EL層、617：電極、618：発光素子、623：nチャネル型TFT、624：pチャネル型TFT、900：携帯情報端末、901：筐体、902：筐体、903：表示部、905：ヒンジ部、910：携帯情報端末、911：筐体、912：表示部、913：操作ボタン、914：外部接続ポート、915：スピーカ、916：マイク、917：カメラ、920：カメラ、921：筐体、922：表示部、923：操作ボタン、924：シャッターボタン、926：レンズ、1001：基板、1002：下地絶縁膜、1003：ゲート絶縁膜、1006：ゲート電極、1007：ゲート電極、1008：ゲート電極、1020：層間絶縁膜、1021：層間絶縁膜、1022：電極、1024B：電極、1024G：電極、1024R：電極、1024W：電極、1025B：下部電極、1025G：下部電極、1025R：下部電極、1025W：下部電極、1026：隔壁、1028：EL層、1029：電極、1030：黒色層、1031：封止基板、1032：シール材、1033：基材、1034B：着色層、1034G：着色層、1034R：着色層、1035：黒色層、1036：オーバーコート層、1037：層間絶縁膜、1040：画素部、1041：駆動回路部、1042：周辺部、1044B：青色画素、1044G：緑色画素、1044R：赤色画素、1044W：白色画素、2100：ロボット、2101：照度センサ、2102：マイクロフォン、2103：上部カメラ、2104：スピーカ、2105：ディスプレイ、2106：下部カメラ、2107：障害物センサ、2108：移動機構、2110：演算装置、3500：多機能端末、3502：筐体、3504：表示部、3506：カメラ、3508：照明、3600：ライト、3602：筐体、3608：照明、3610：スピーカ、5000：筐体、5001：表示部、5002：表示部、5003：スピーカ、5004：LEDランプ、5006：接続端子、5007：センサ、5008：マイクロフォン、5012：支持部、5013：イヤホン、5100：掃除ロボット、5101：ディスプレイ、5102：カメラ、5103：ブラシ、5104：操作ボタン、5120：ゴミ、5140：携帯電子機器、5150：携帯情報端末、5151：筐体、5152：表示領域、5153：屈曲部、8501：照明装置、8502：照明装置、8503：照明装置、8504：照明装置、9000：筐体、9001：表示部、9003：スピーカ、9005：操作キー、9006：接続端子、9007：センサ、9008：マイクロフォン、9055：ヒンジ、9200：携帯情報端末、9201：携帯情報端末、9202：携帯情報端末

## 請求の範囲

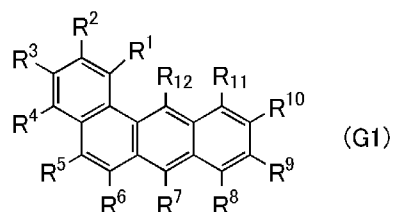
[請求項 1]

置換または無置換のベンゾ [a] アントラセン骨格と置換または無置換のアントラセン骨格を有し、前記ベンゾ [a] アントラセン骨格は前記アントラセン骨格の 2 位で結合する、有機化合物。

[請求項 2]

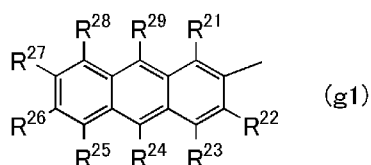
下記一般式 (G 1) で表される有機化合物。

[化 1]



一般式 (G 1) 中、R<sup>1</sup>乃至R<sup>12</sup>のいずれか一は、下記一般式 (g 1) で表される置換基であり、その他のR<sup>1</sup>乃至R<sup>12</sup>はそれぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、炭素数 3 乃至 6 のシクロアルキル基または、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 の置換もしくは無置換のアリール基のいずれか一を表す。

[化 2]

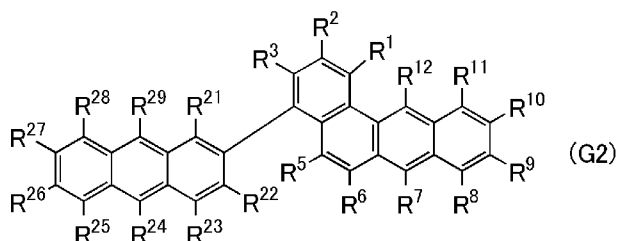


一般式 (g 1) 中、R<sup>21</sup>乃至R<sup>29</sup>は、それぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、炭素数 3 乃至 6 のシクロアルキル基または、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 の置換もしくは無置換のアリール基のいずれか一を表す。

[請求項 3]

下記一般式 (G 2) で表される有機化合物。

[化 3]

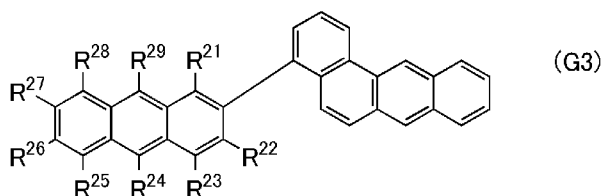


一般式 (G 2) 中、R<sup>1</sup>乃至R<sup>3</sup>、R<sup>5</sup>乃至R<sup>12</sup>及びR<sup>21</sup>乃至R<sup>29</sup>はそれぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、炭素数 3 乃至 6 のシクロアルキル基または、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 の置換もしくは無置換のアリール基のいずれか一を表す。

[請求項 4]

下記一般式 (G 3) で表される有機化合物。

[化 4]



一般式 (G 3) 中、 $R^{21}$  乃至  $R^{29}$  はそれぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、炭素数 3 乃至 6 のシクロアルキル基または、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 の置換もしくは無置換のアリール基のいずれか一を表す。

[請求項 5]

請求項 2 乃至請求項 4 のいずれか一項において、

前記一般式 (G 1) 乃至前記一般式 (G 3) 中、 $R^{24}$  及び  $R^{29}$  は、それぞれ独立に炭素数 6 乃至 13 の置換もしくは無置換のアリール基である、有機化合物。

[請求項 6]

請求項 2 乃至請求項 4 のいずれか一項において、

前記一般式 (G 1) 乃至前記一般式 (G 3) 中、 $R^{24}$  及び  $R^{29}$  は、それぞれ独立に置換若しくは無置換のフェニル基または、置換若しくは無置換のナフチル基である、有機化合物。

[請求項 7]

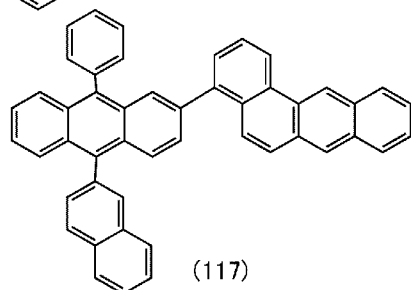
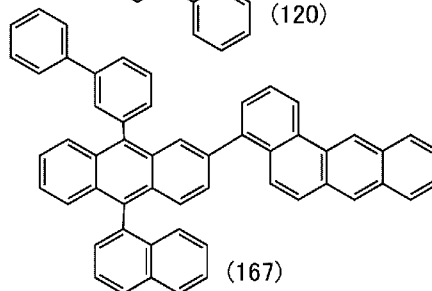
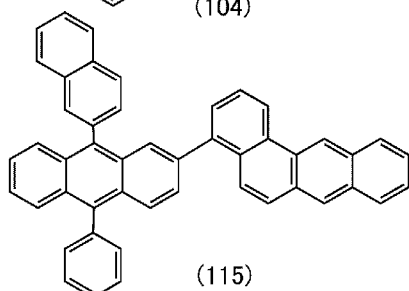
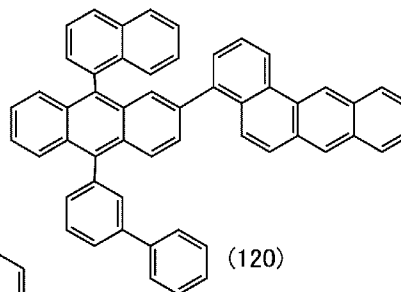
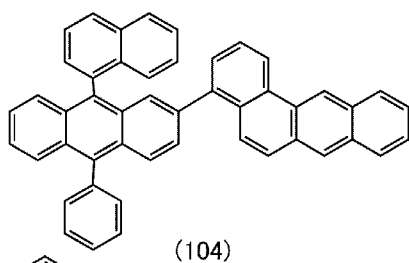
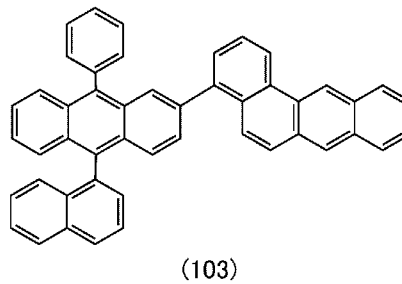
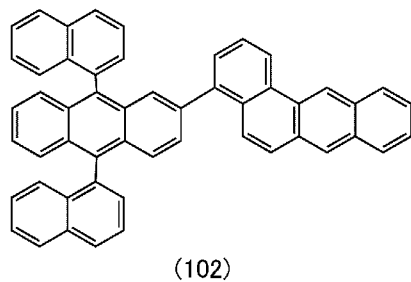
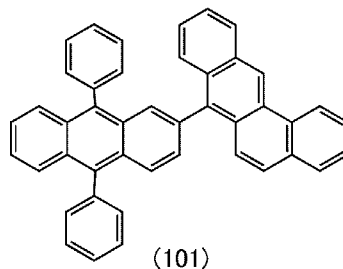
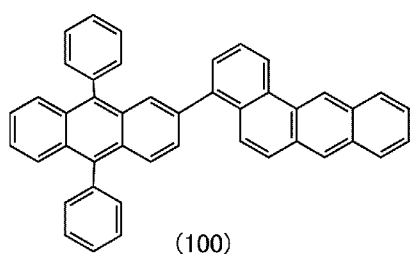
請求項 2 乃至請求項 4 のいずれか一項において、

前記一般式 (G 1) 乃至前記一般式 (G 3) 中、 $R^{24}$  は置換若しくは無置換のフェニル基であり、 $R^{29}$  は置換若しくは無置換のナフチル基である、有機化合物。

[請求項 8]

下記構造式 (100) 乃至 (104)、(115)、(117)、(120) 及び (167) のいずれか一で表される有機化合物。

[化 5]



[請求項 9]

一対の電極間に E L 層を有し、

前記 E L 層は請求項 1 乃至請求項 8 のいずれか一に記載の有機化合物を含む、発光素子。

[請求項 10]

一対の電極間に発光層を有し、

前記発光層は請求項 1 乃至請求項 8 のいずれか一に記載の有機化合物を含む、発光素子。

[請求項 11]

一対の電極間に発光層を有し、

前記発光層はホスト材料とゲスト材料を有し、

前記ホスト材料はベンゾ [a] アントラセン骨格を有し、  
前記ゲスト材料は発光団を有し、  
前記発光団はベンゾフラン骨格を有する、発光素子。

[請求項 1 2]

請求項 9 乃至請求項 1 1 のいずれか一項に記載の発光素子と、  
カラーフィルタおよびトランジスタの少なくとも一と、  
を有する発光装置。

[請求項 1 3]

請求項 1 2 に記載の発光装置と、  
筐体およびタッチセンサの少なくとも一と、  
を有する電子機器。

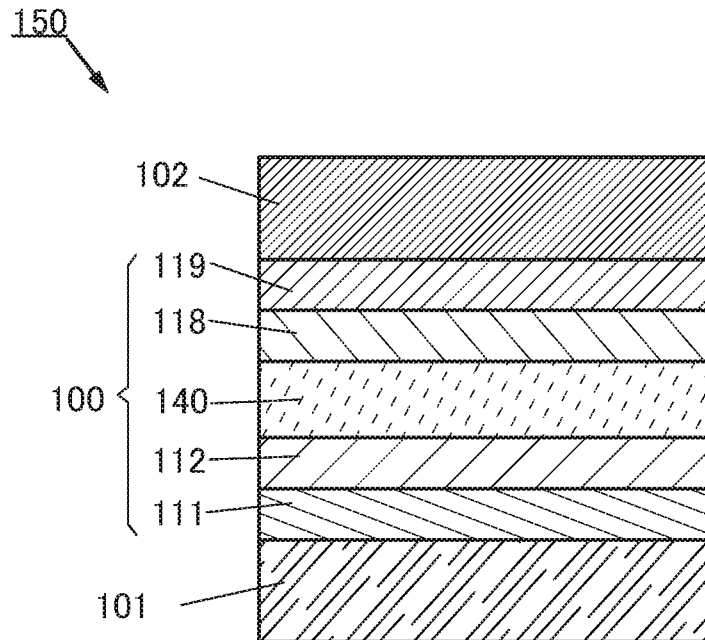
[請求項 1 4]

請求項 9 乃至請求項 1 1 のいずれか一項に記載の発光素子と、  
筐体およびタッチセンサの少なくとも一と、  
を有する照明装置。

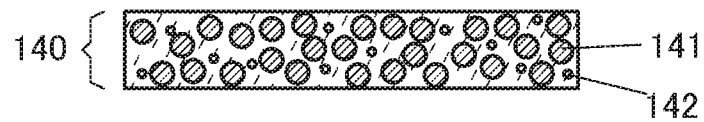
[図 1]

1/66

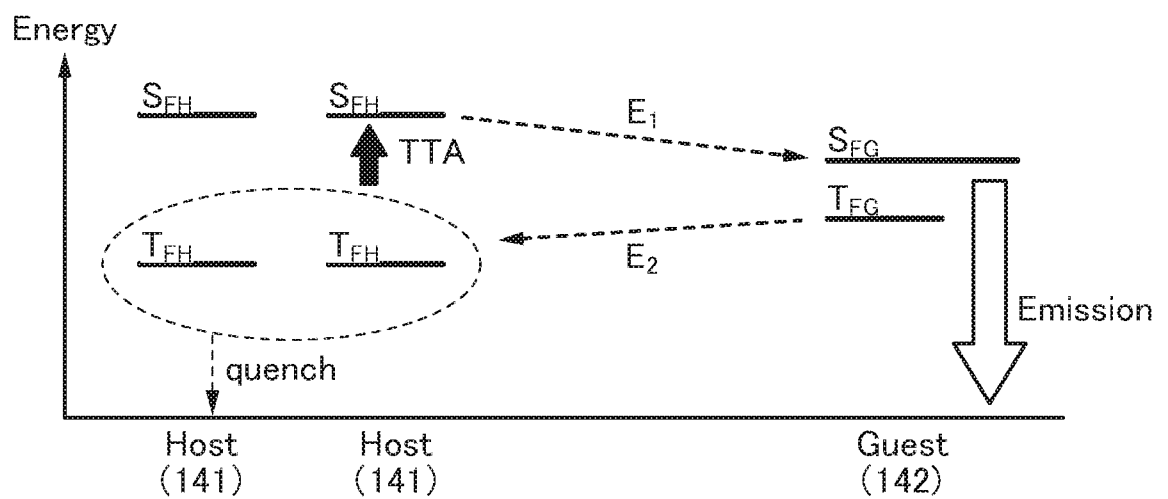
(A)



(B)



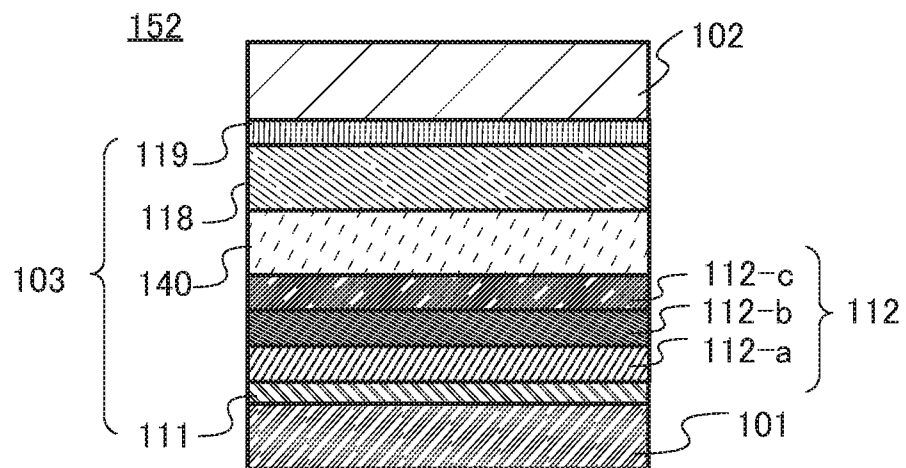
(C)



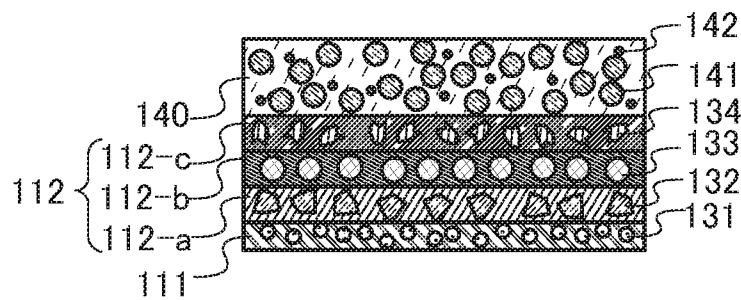
[図2]

2/66

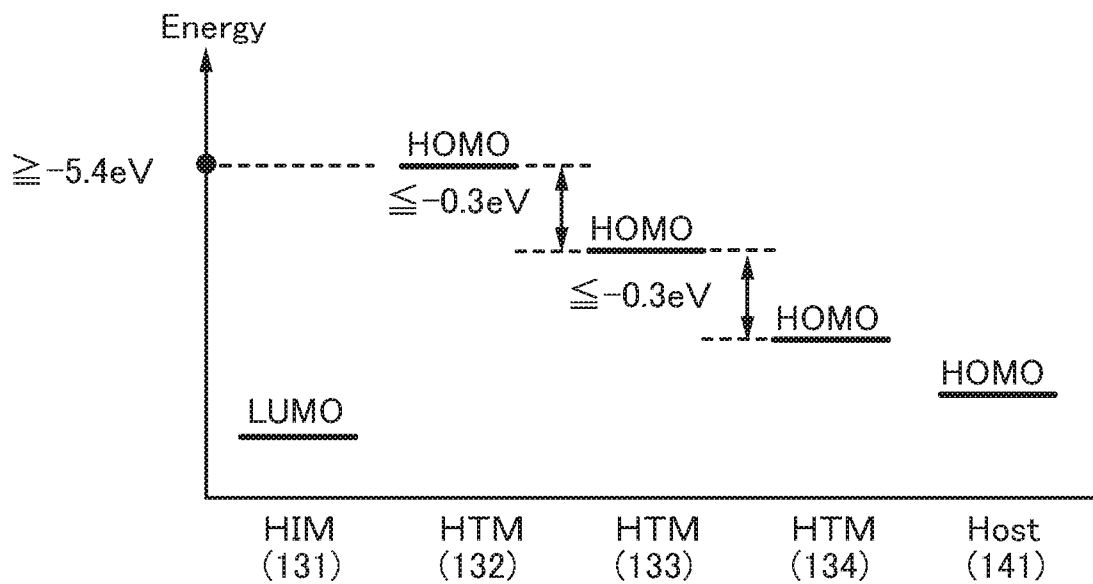
(A)



(B)



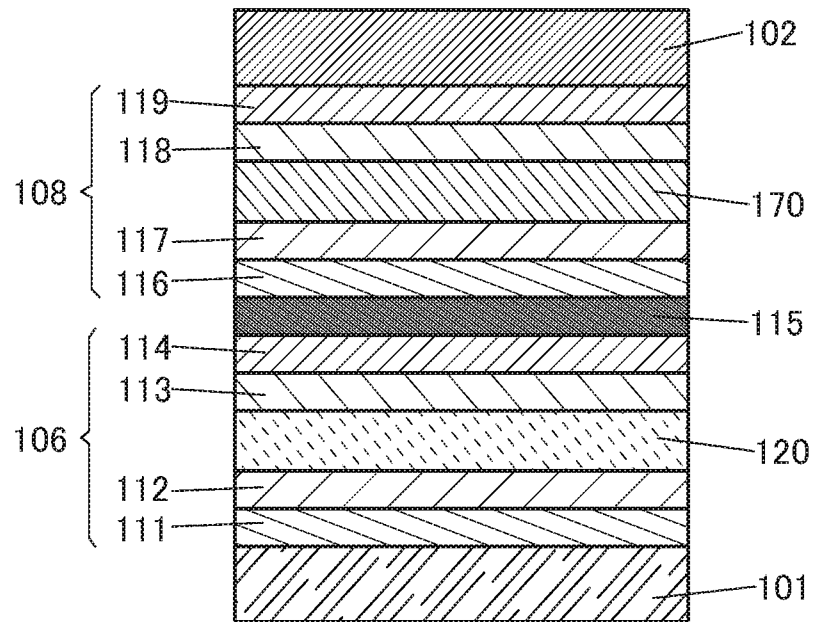
(C)



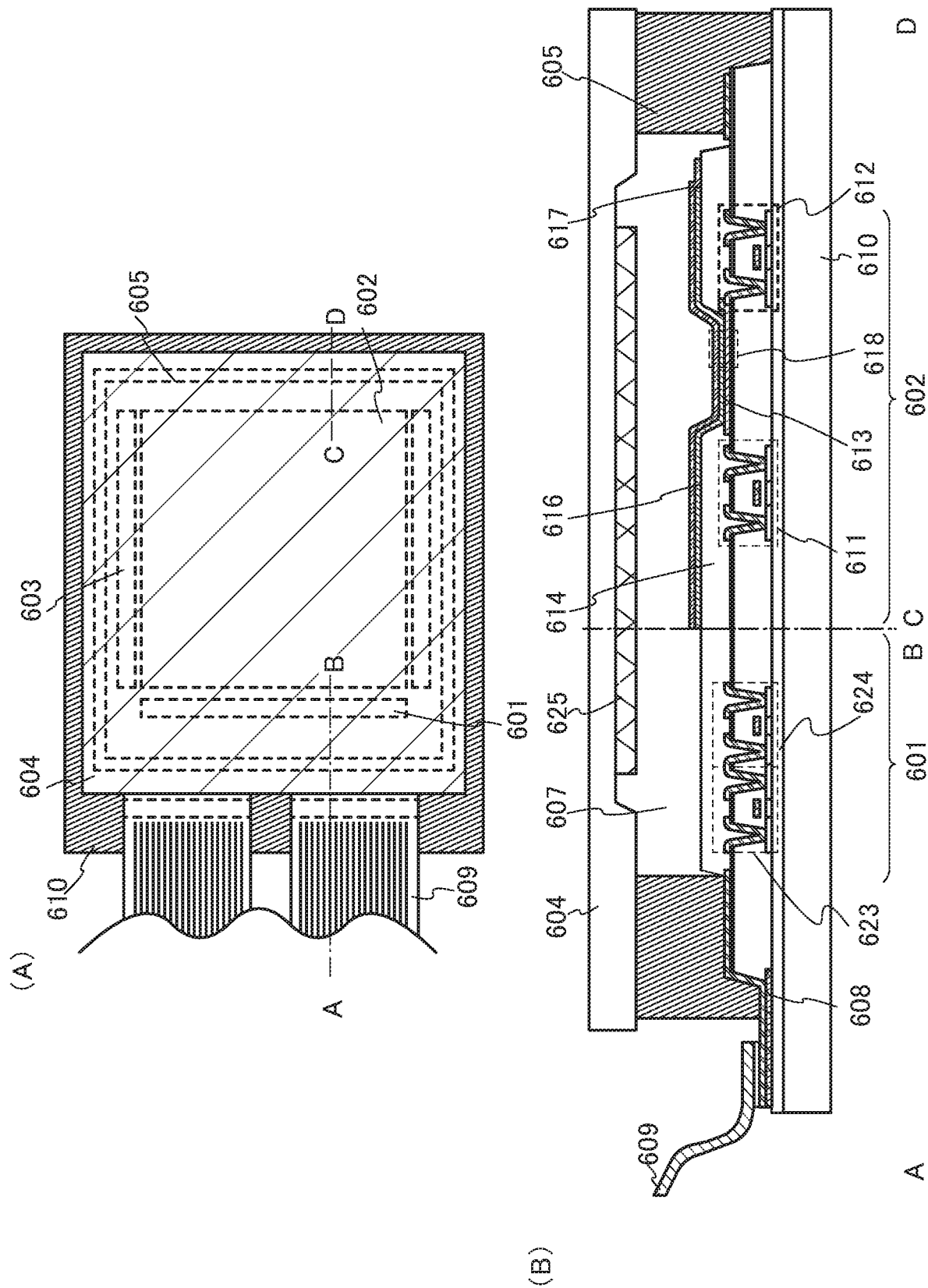
[図3]

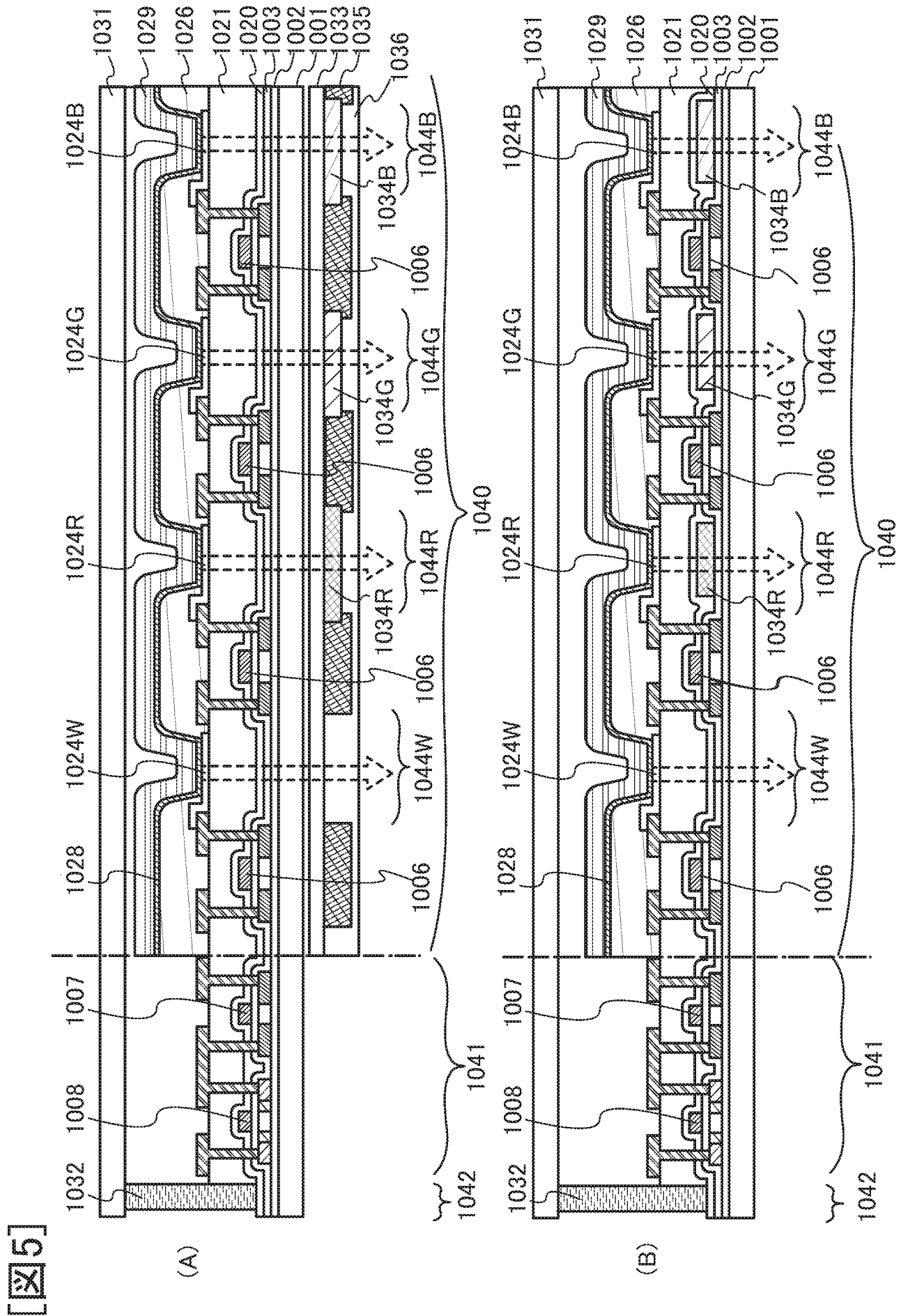
3/66

250

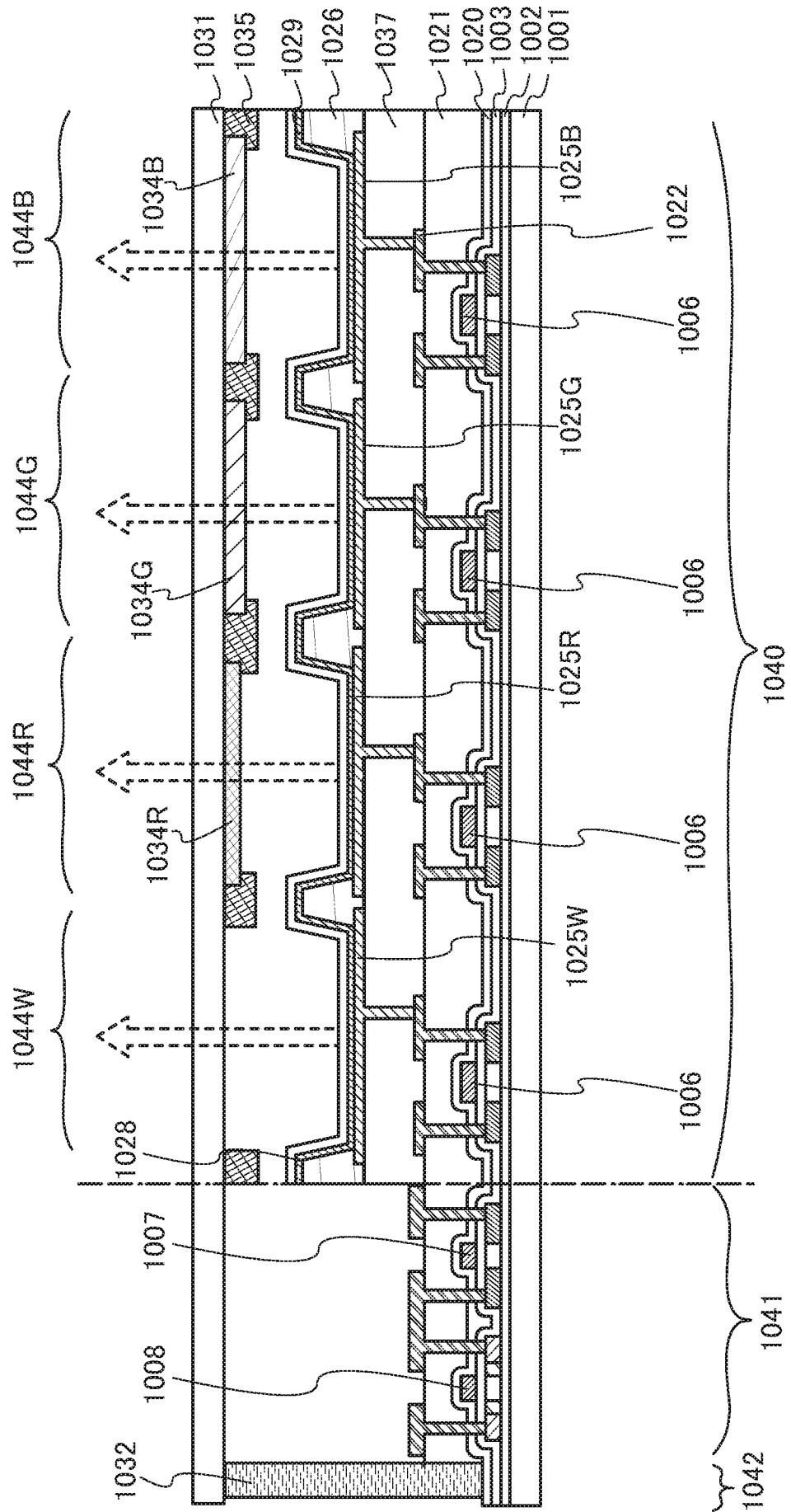


[図4]



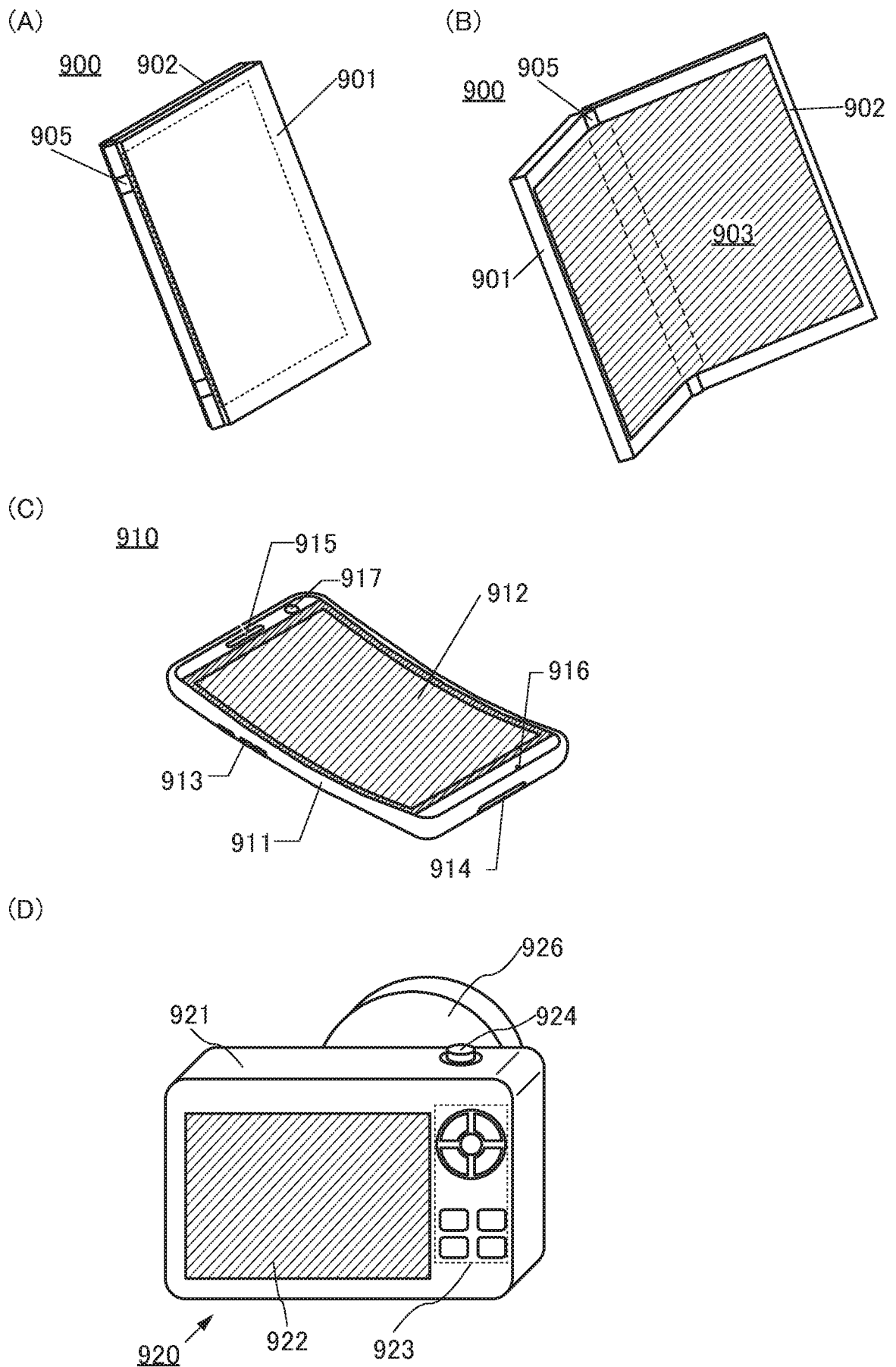


[図6]



[圖 7]

7/66

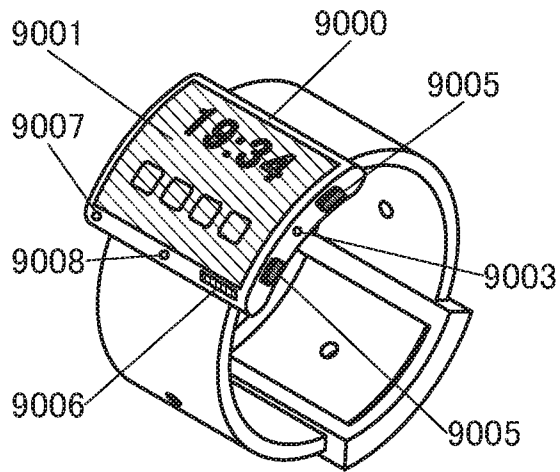


[圖8]

8/66

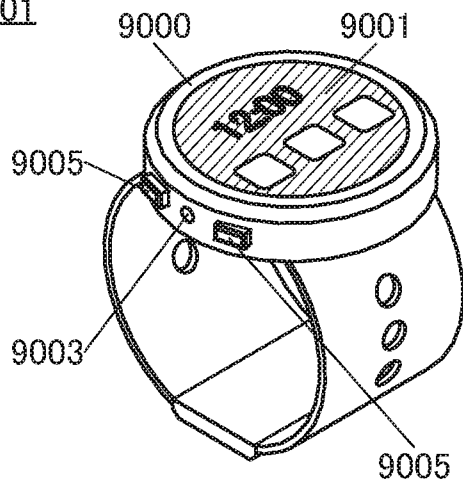
(A)

9200



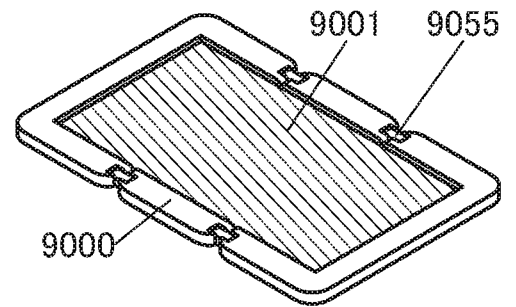
(B)

9201



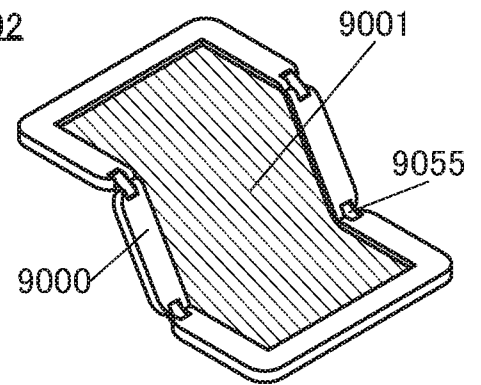
(C)

9202



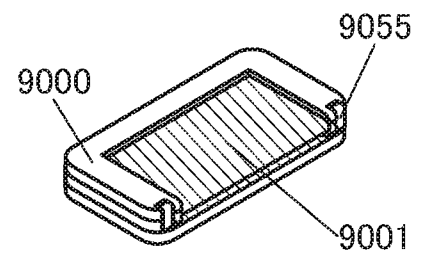
(D)

9202



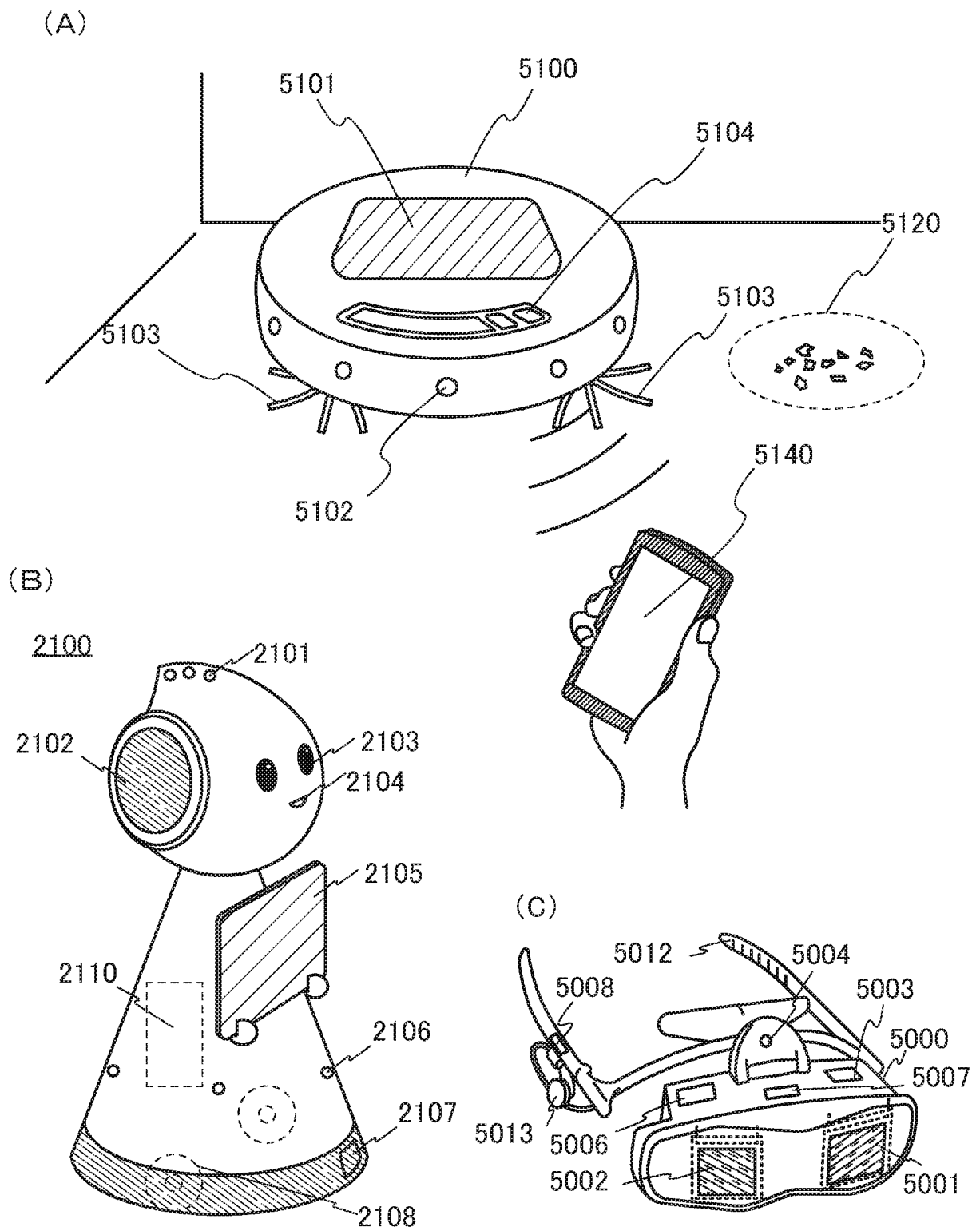
(E)

9202



[圖9]

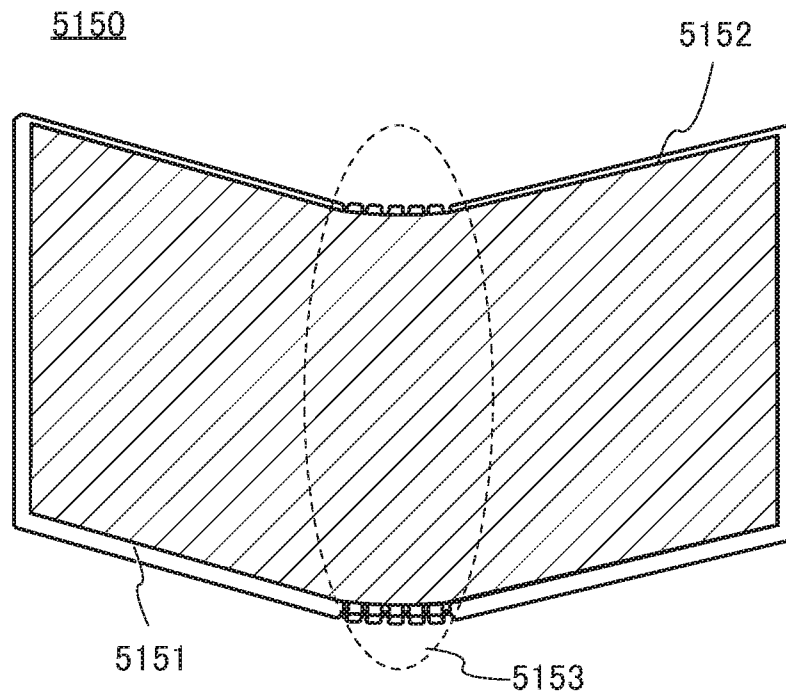
9/66



10/66

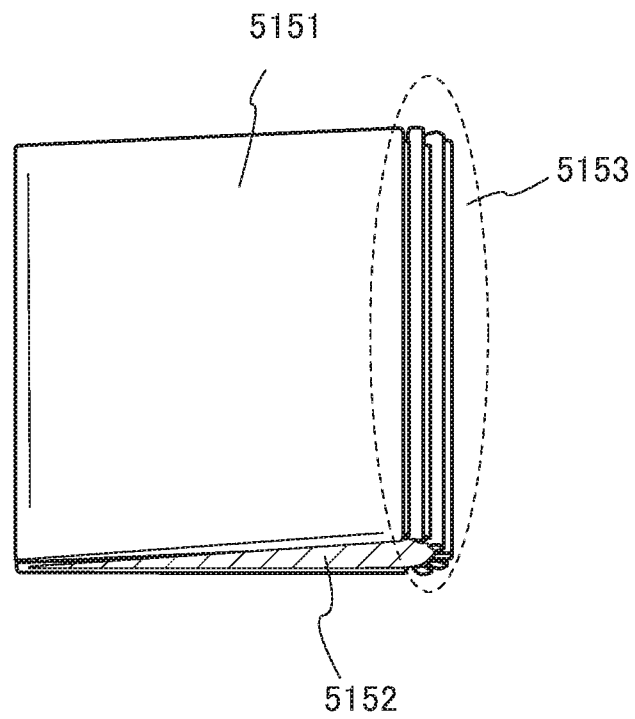
[図 10]

(A)



(B)

5150

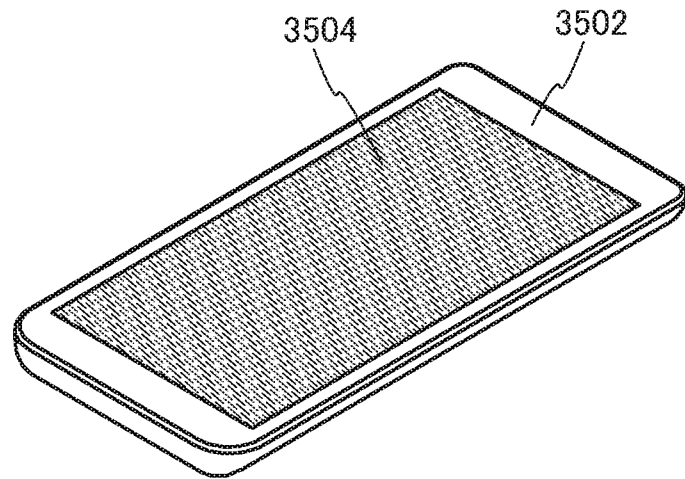


[圖 11]

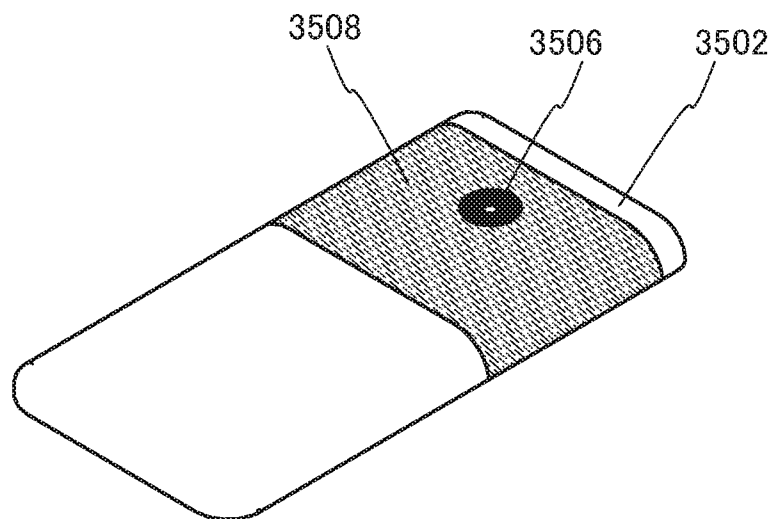
11/66

(A)

3500

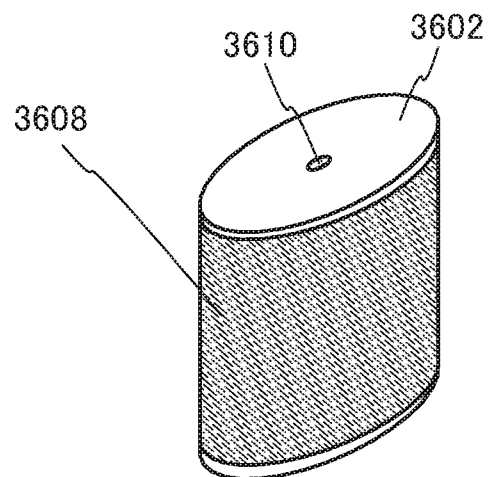


(B)



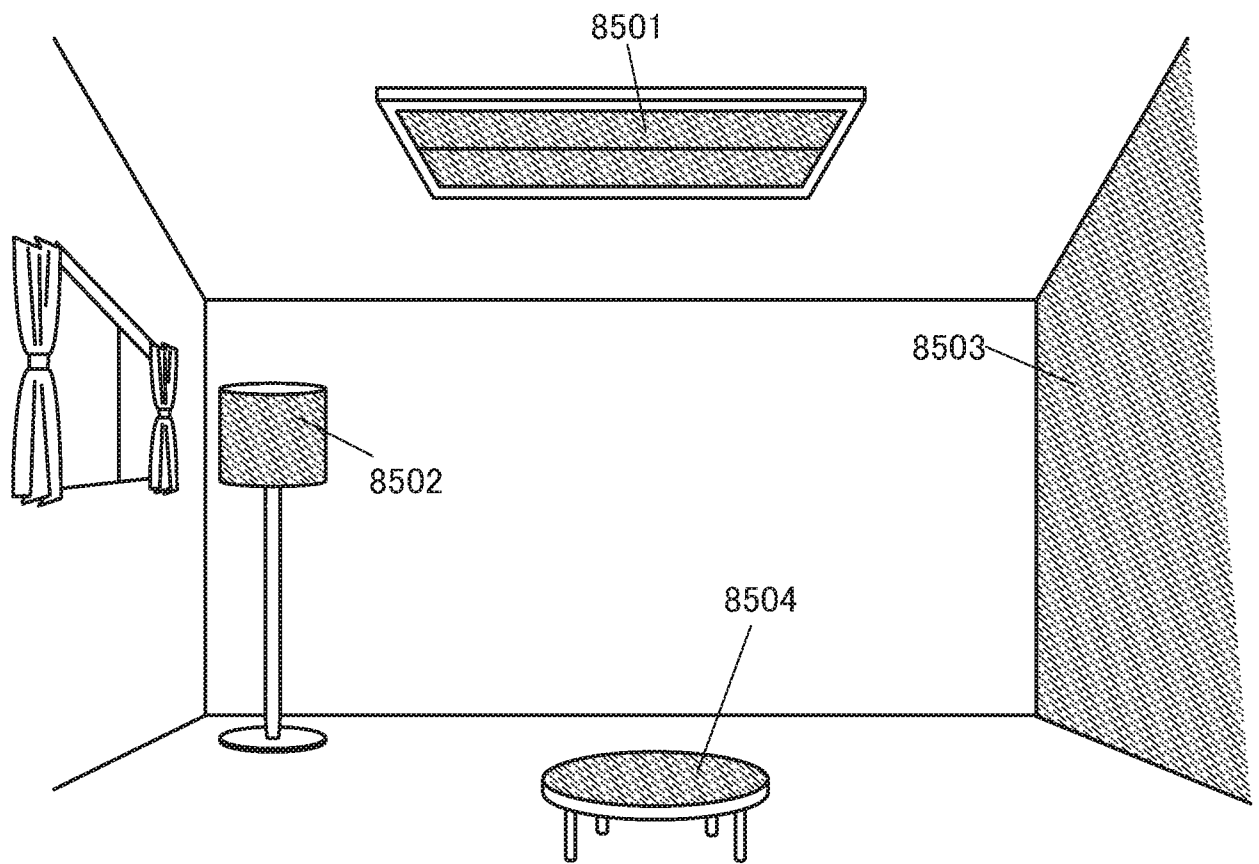
(C)

3600



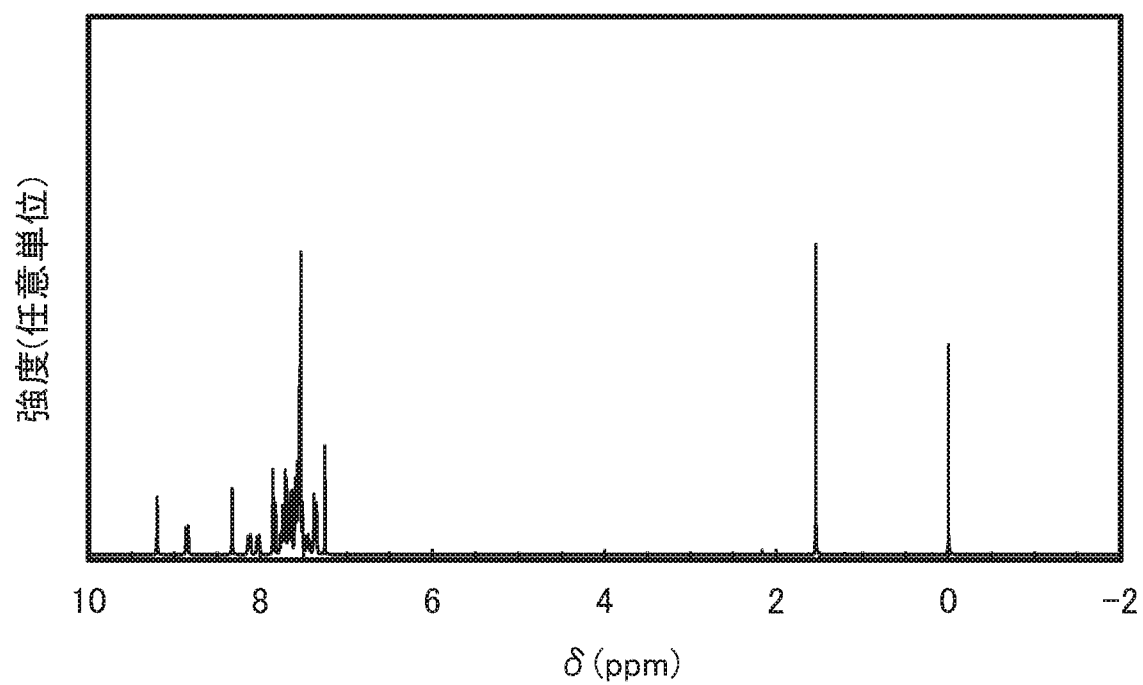
[図12]

12/66

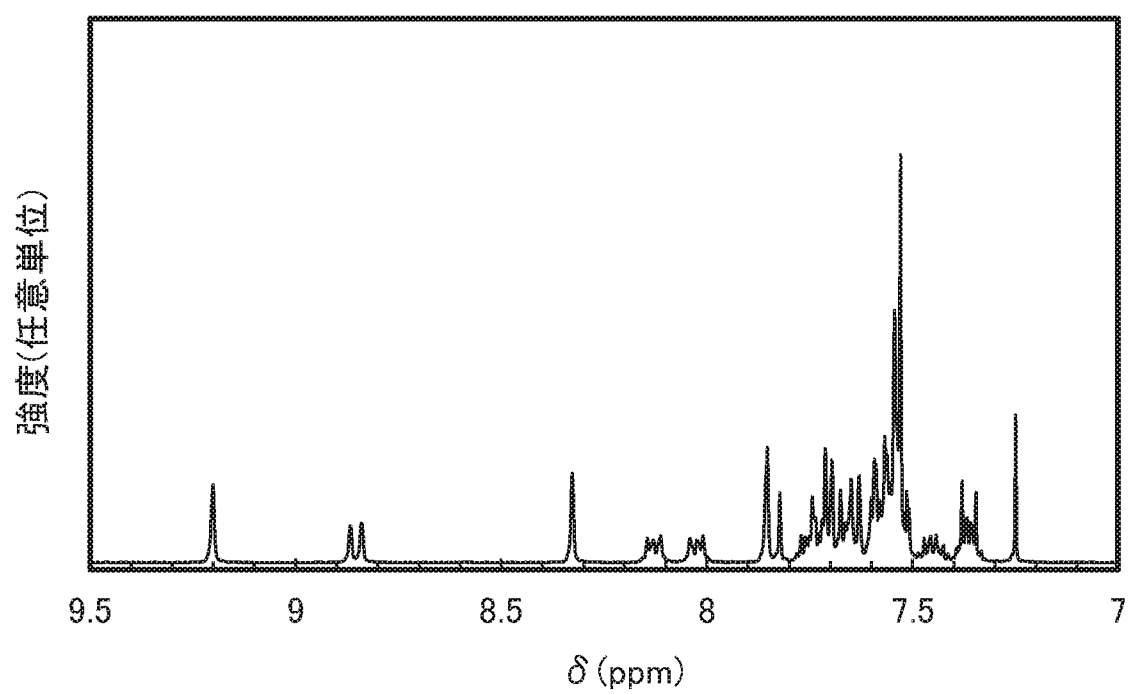


[ 13]  
(A)

13/66

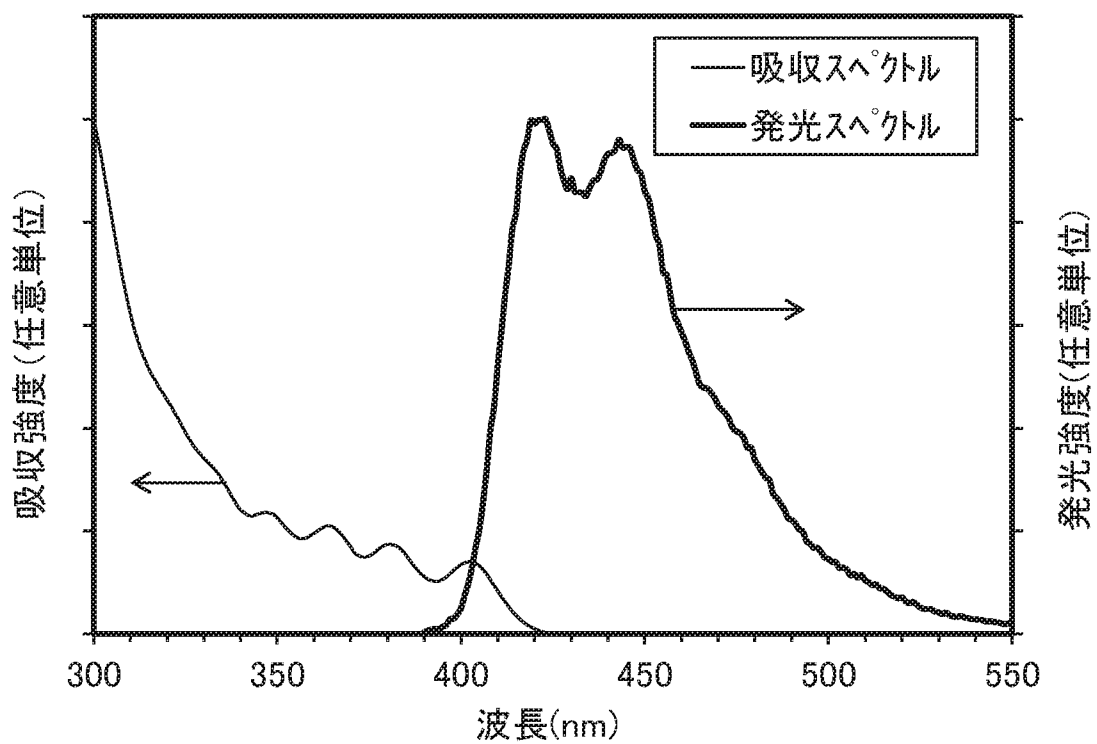


(B)

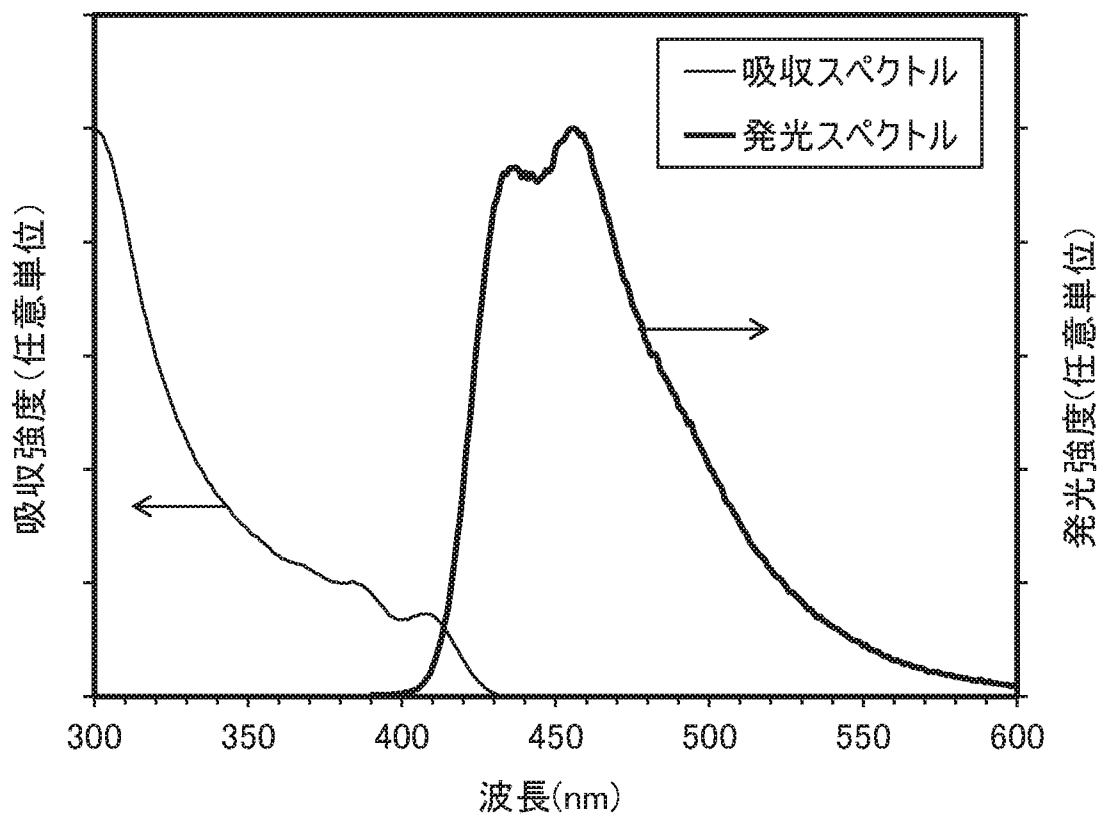


[図14]

14/66

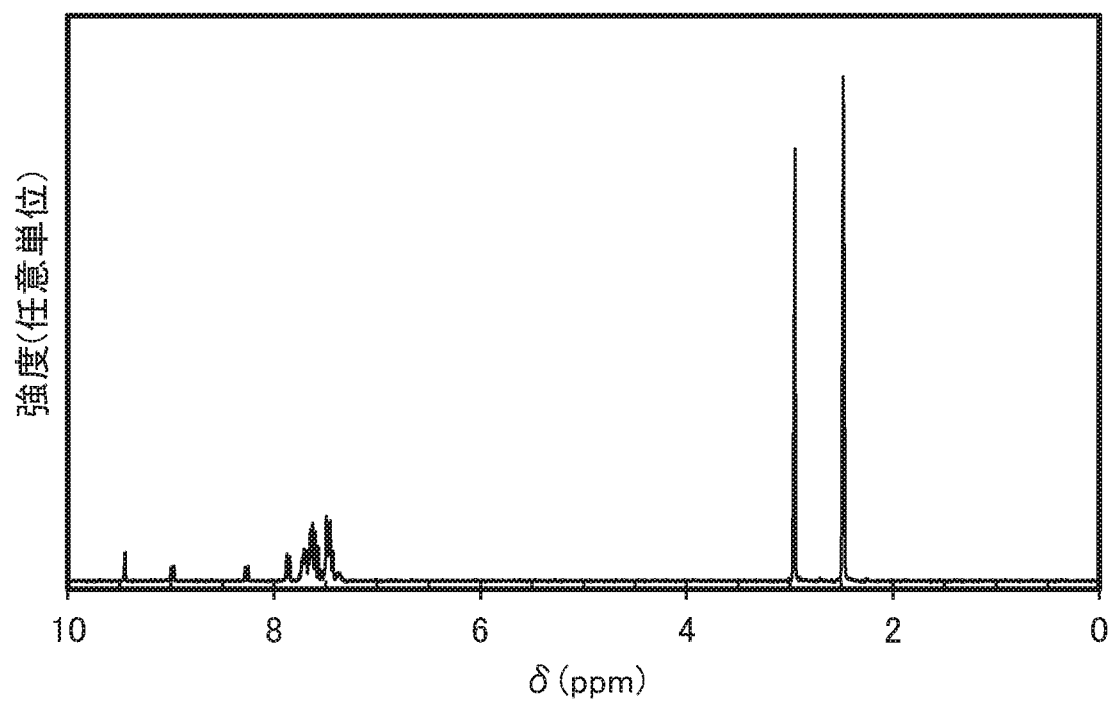


[図15]

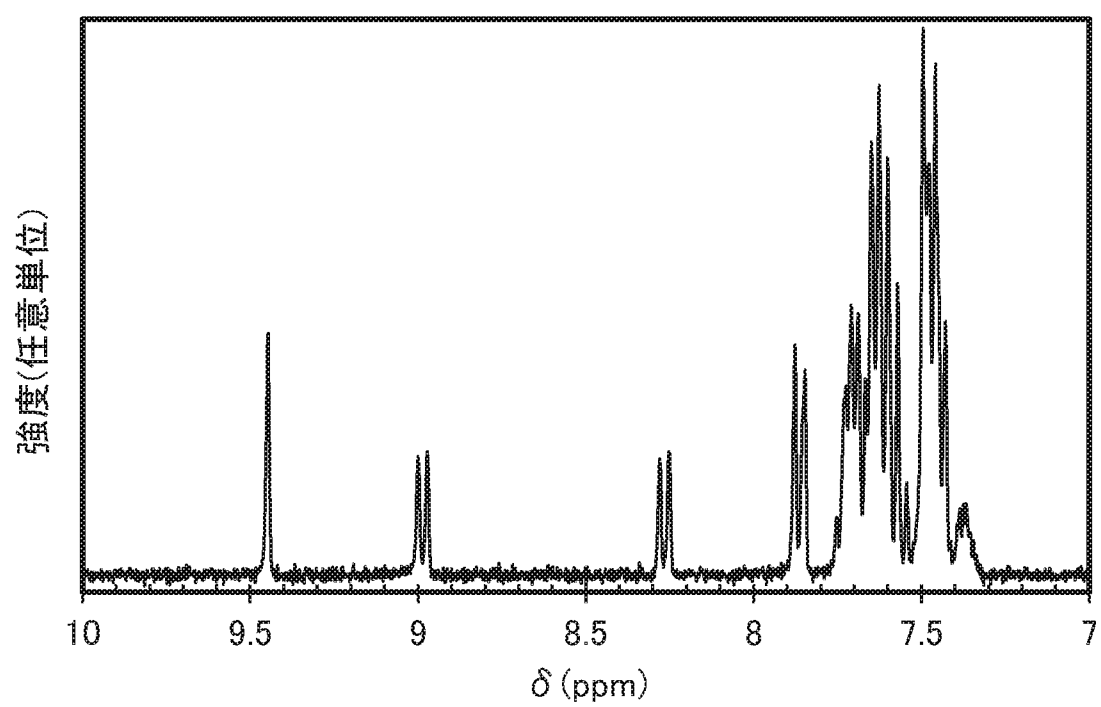


[ 16]  
(A)

15/66

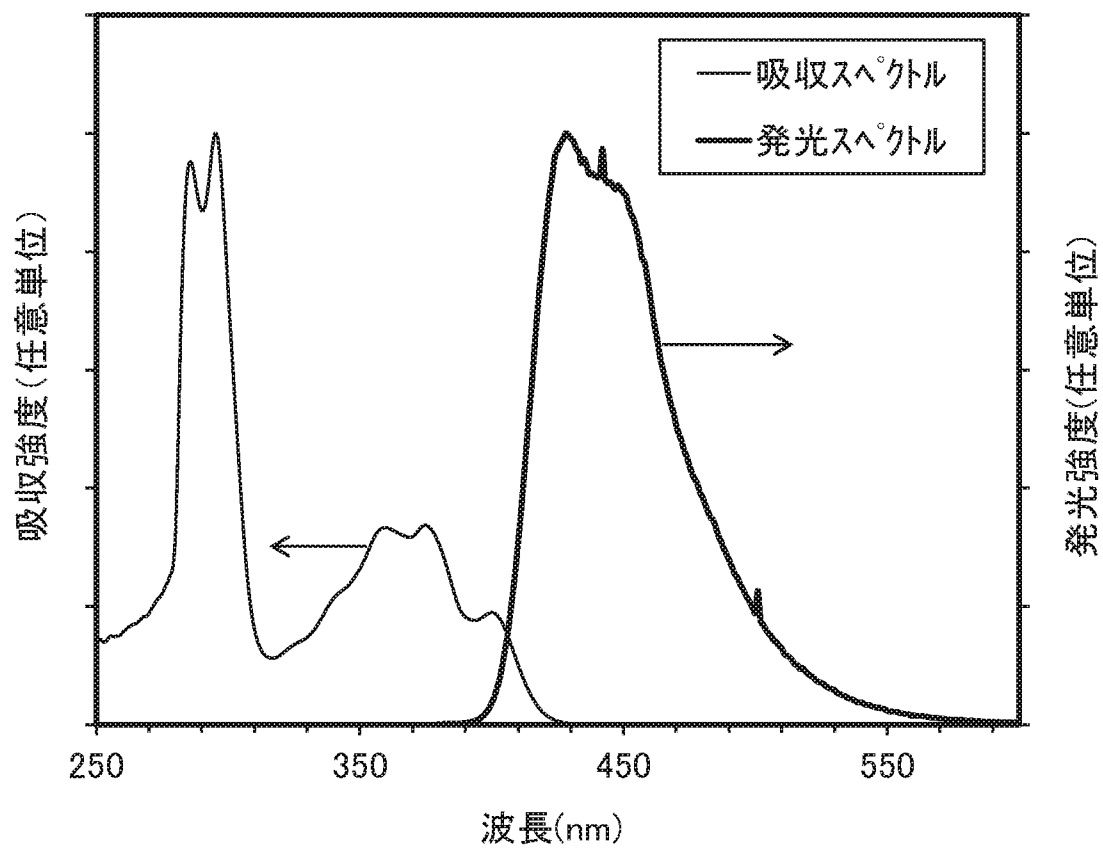


(B)



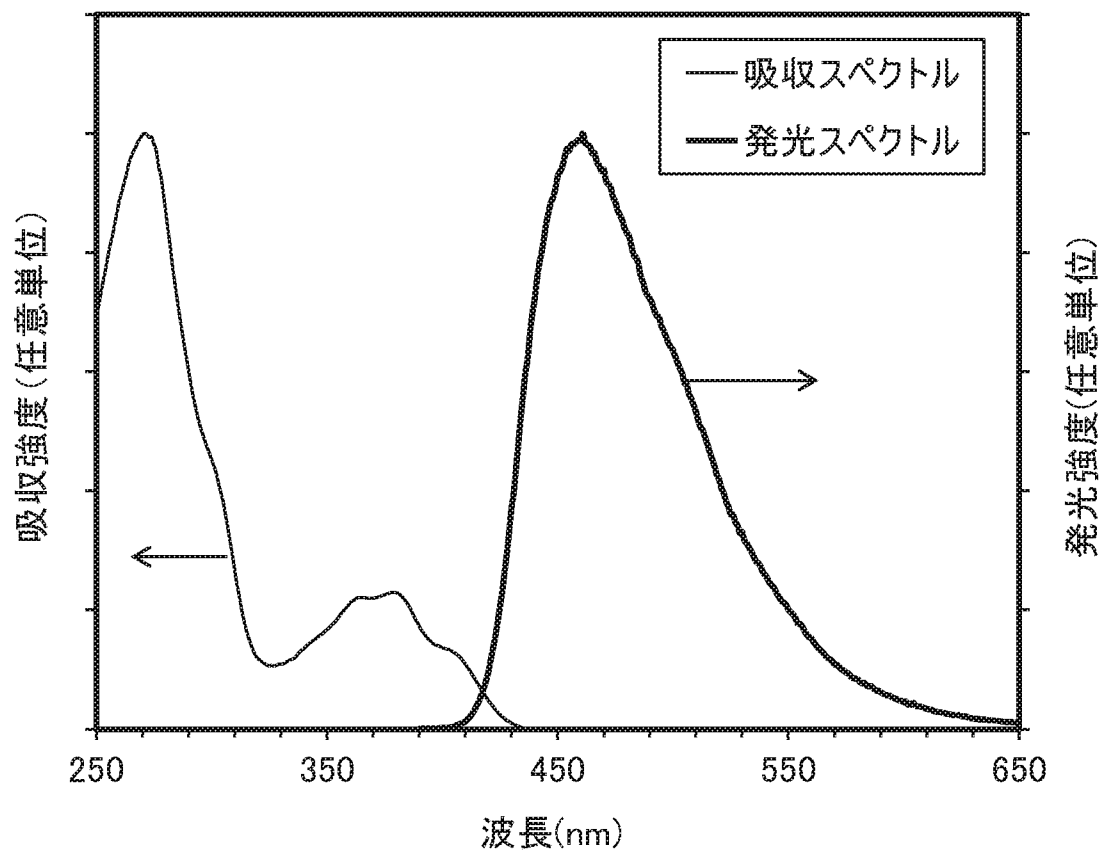
[図17]

16/66



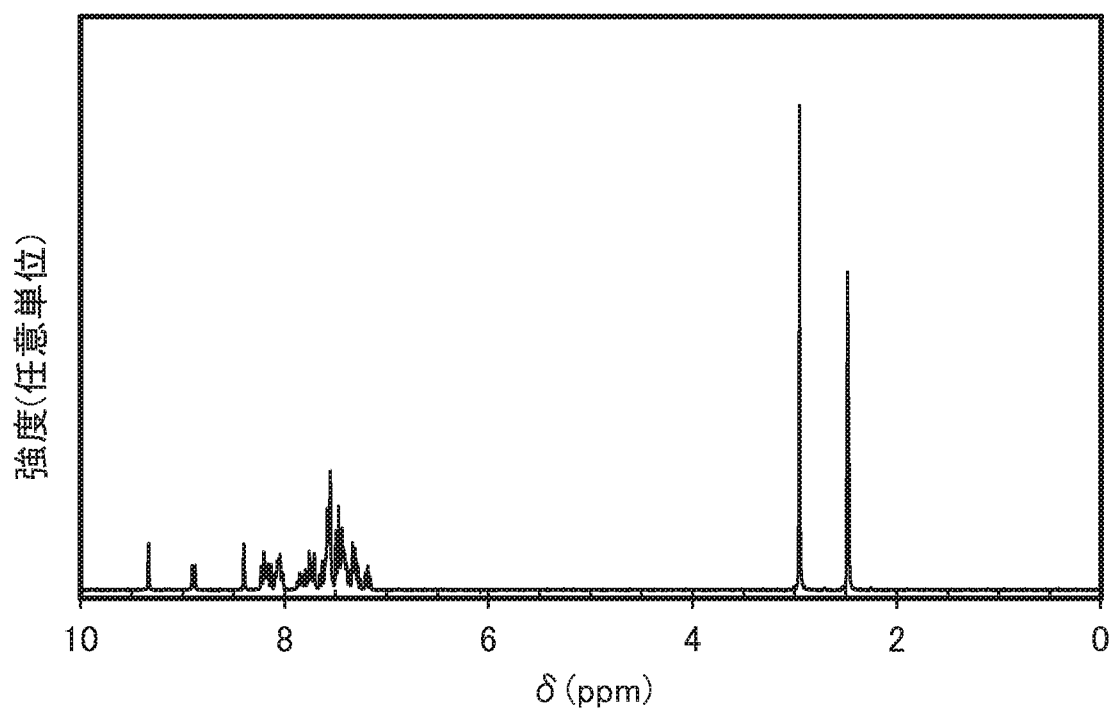
[図18]

17/66

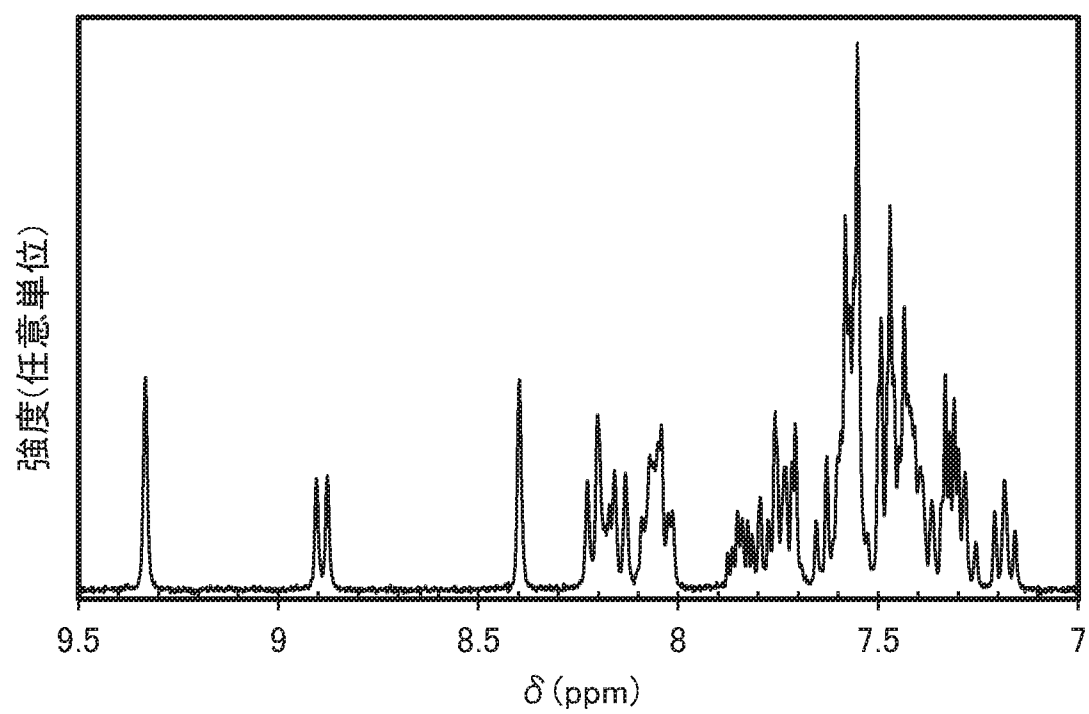


[ 19]  
(A)

18/66

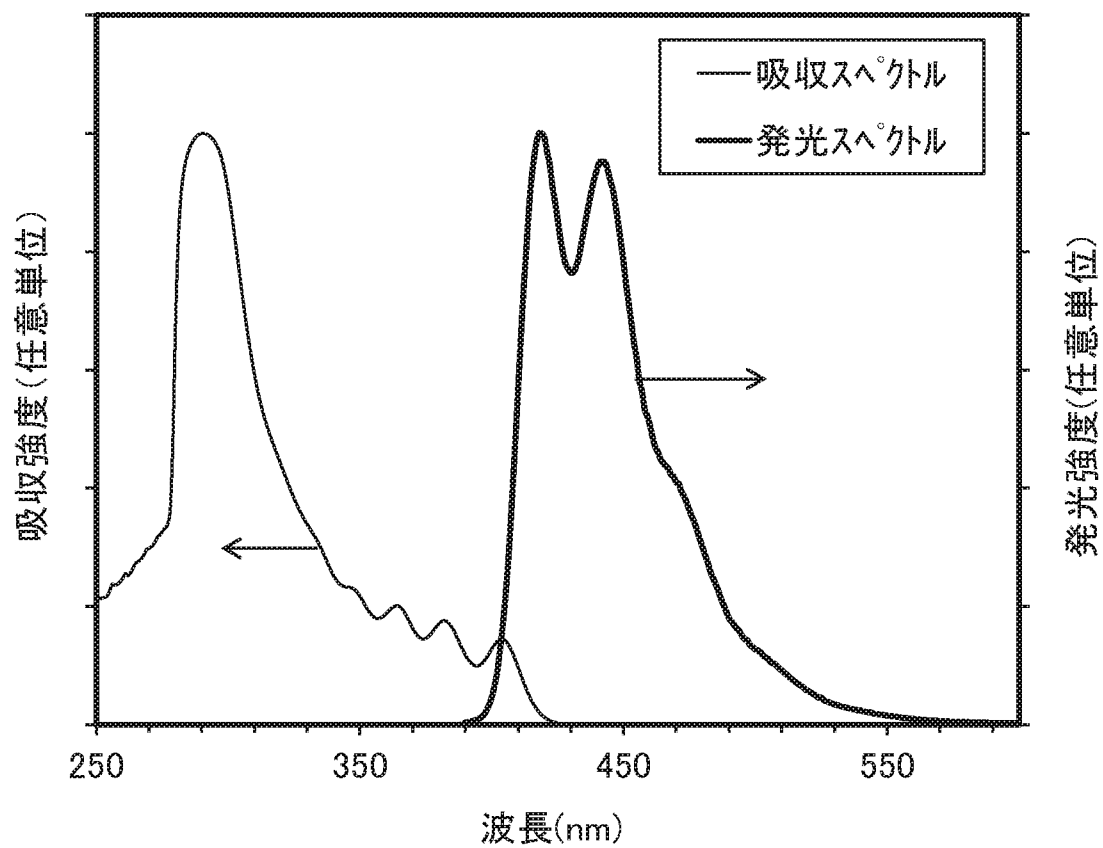


(B)



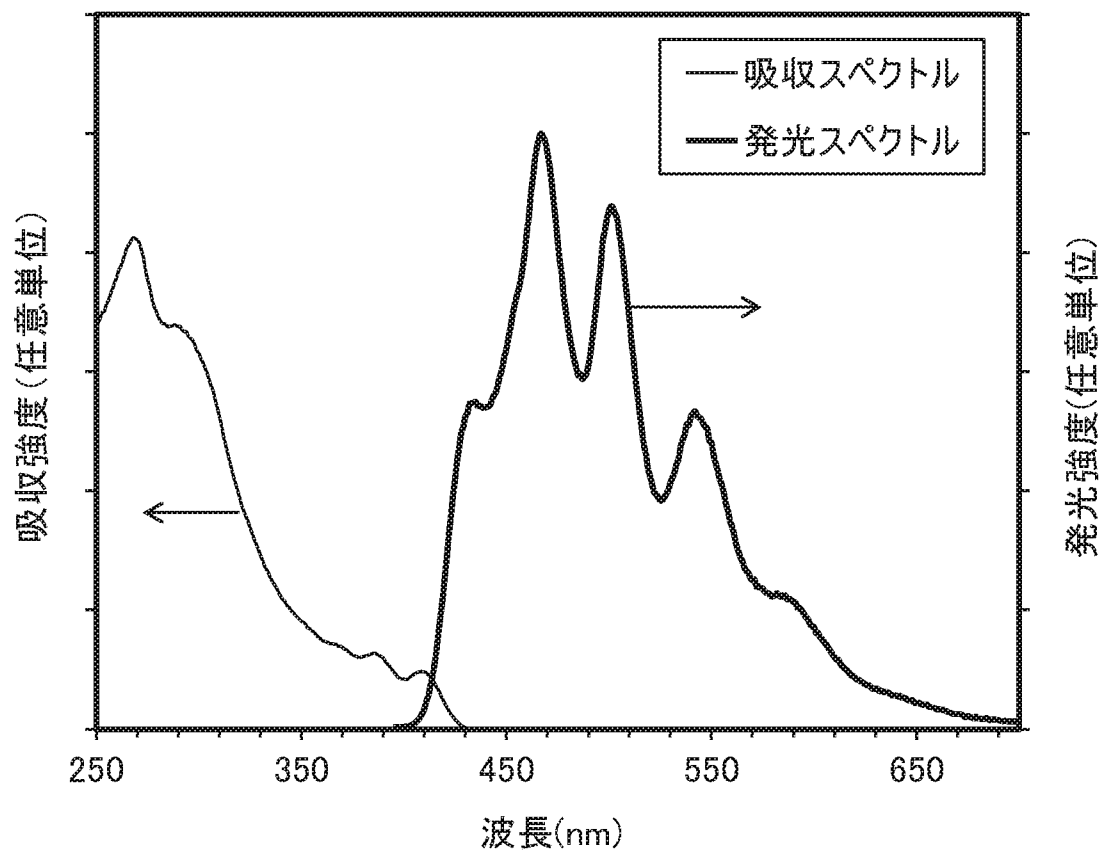
[図20]

19/66



[図21]

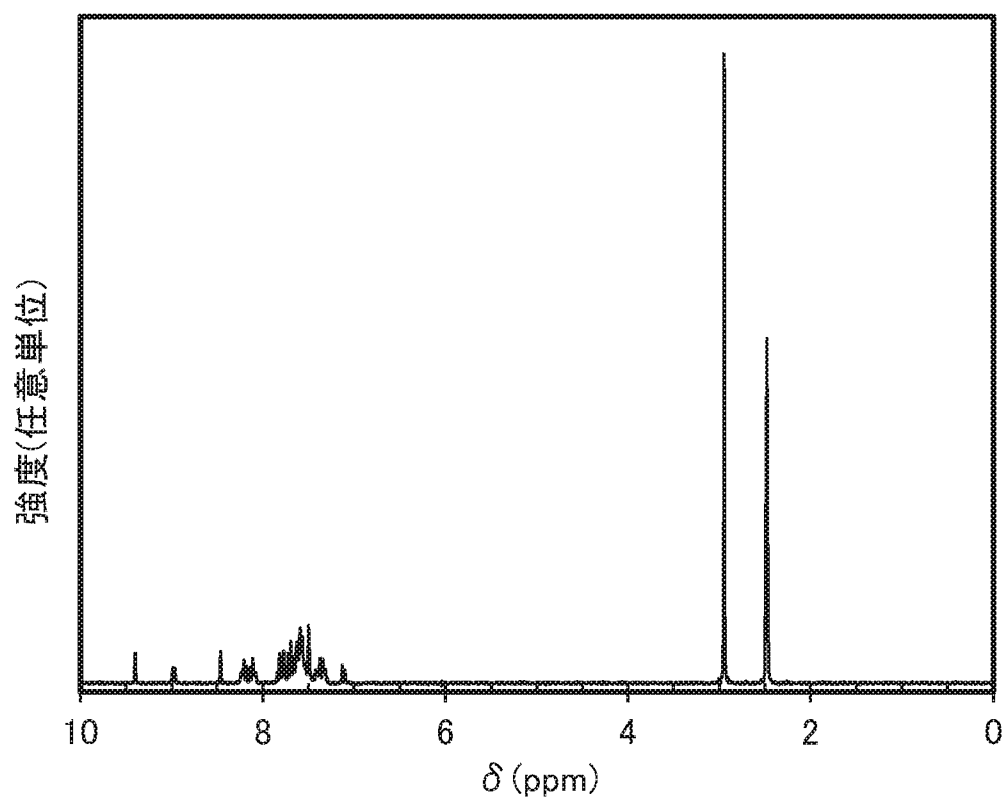
20/66



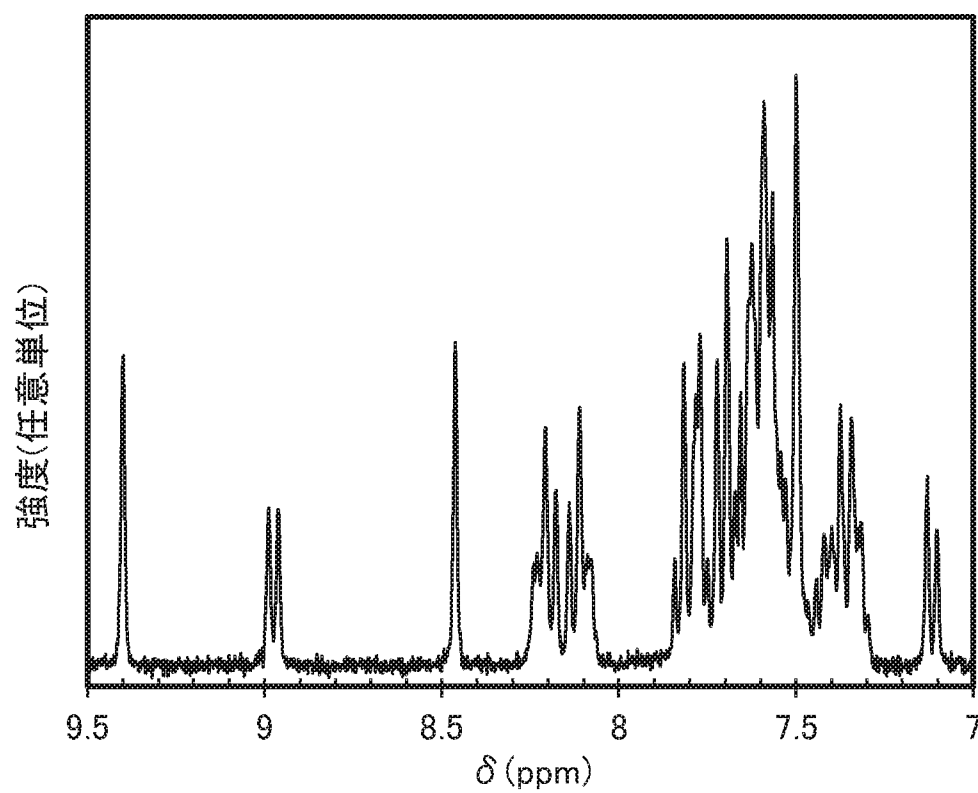
[図22]

21/66

(A)

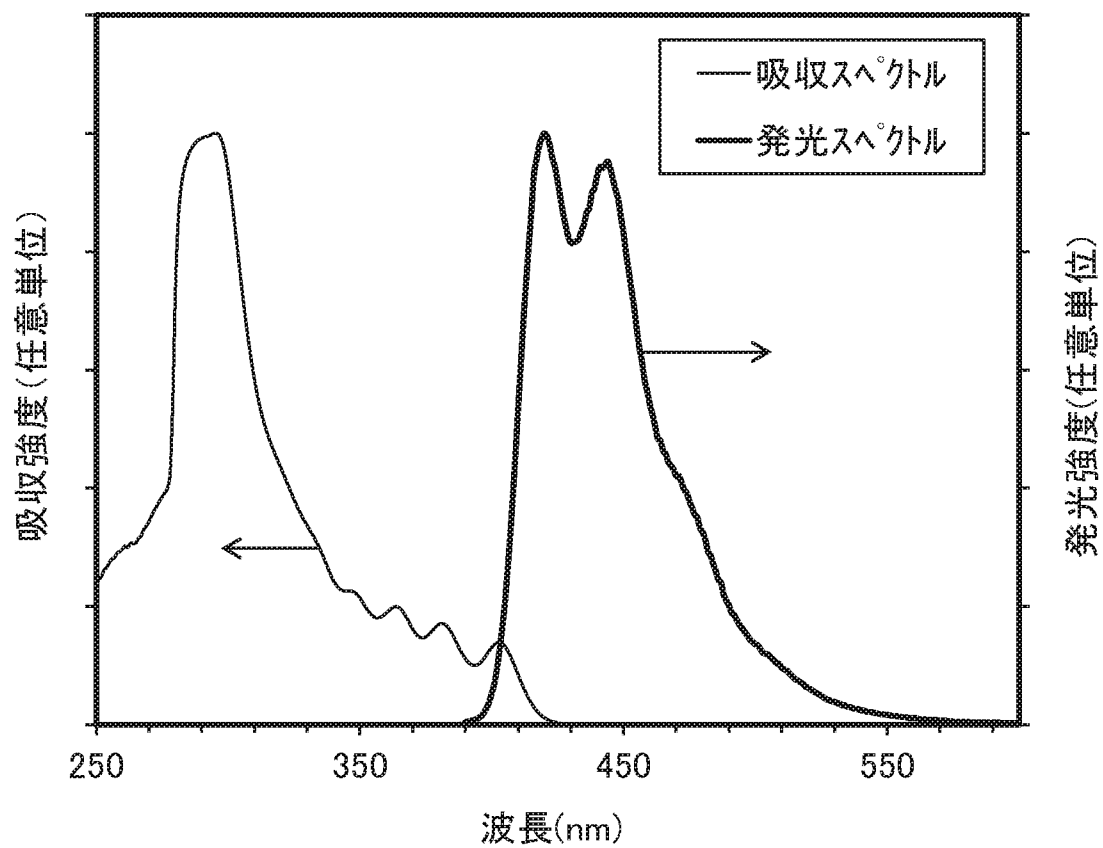


(B)



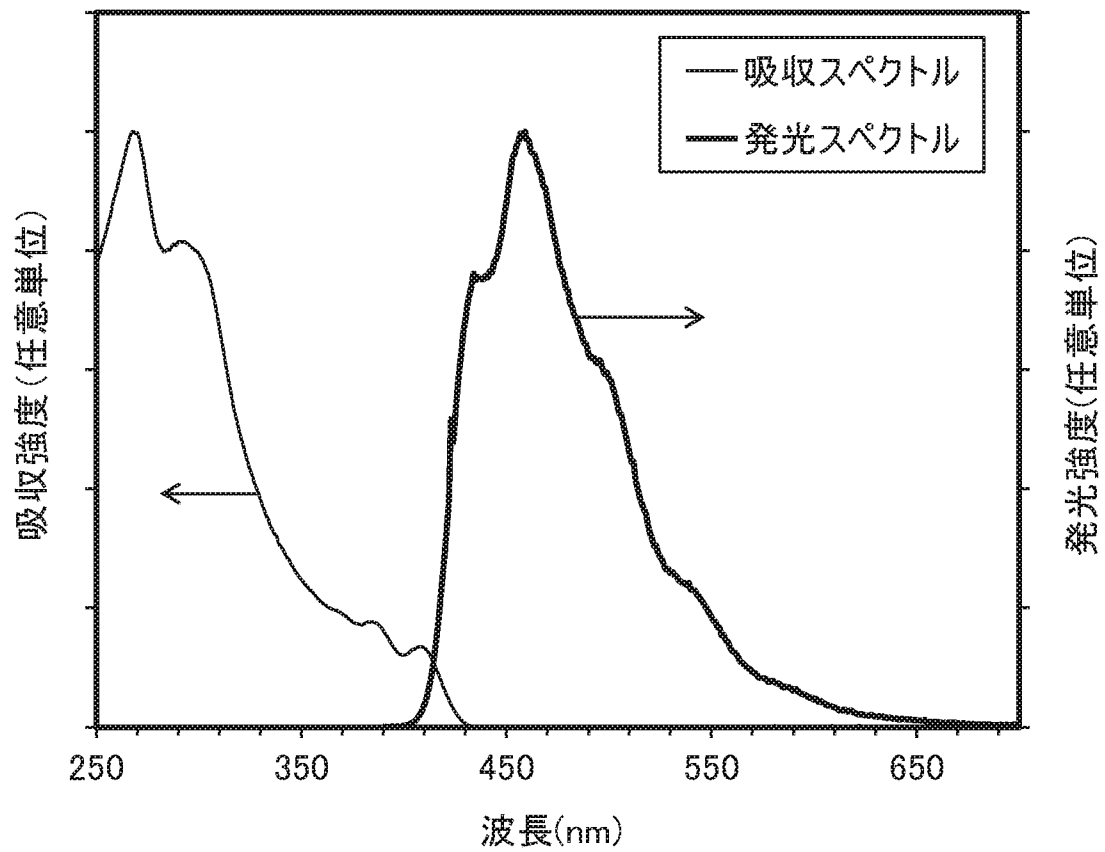
[図23]

22/66



[図24]

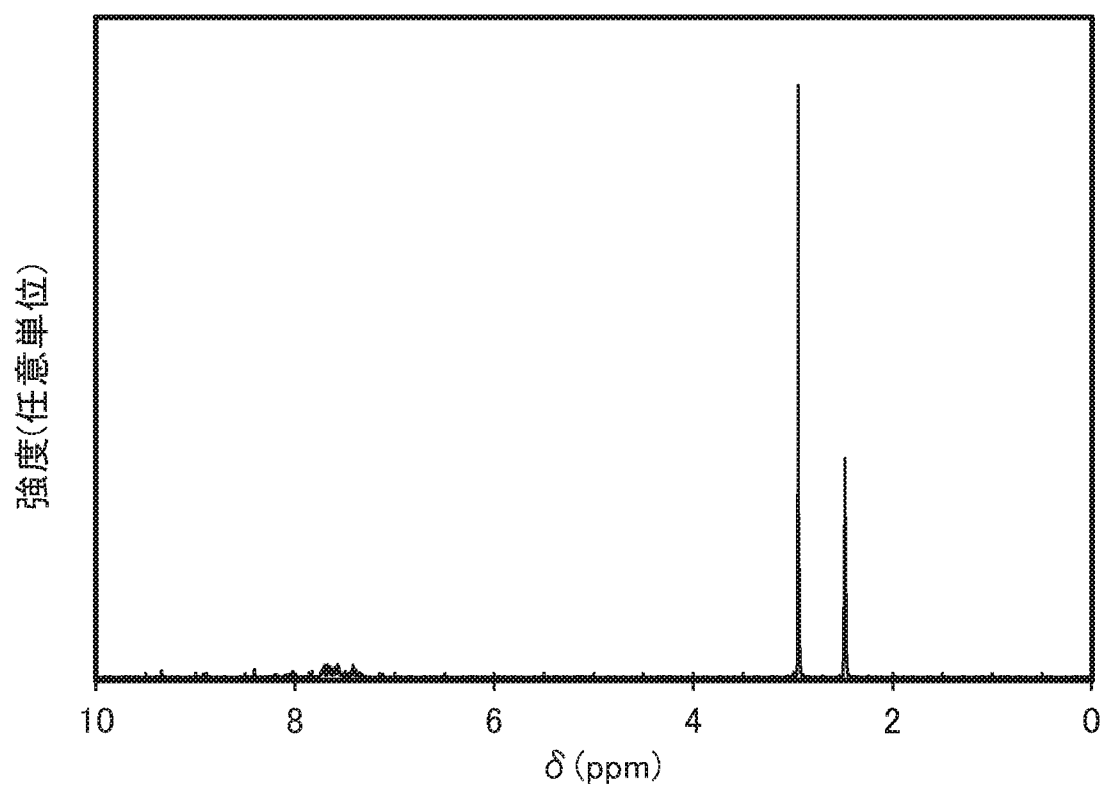
23/66



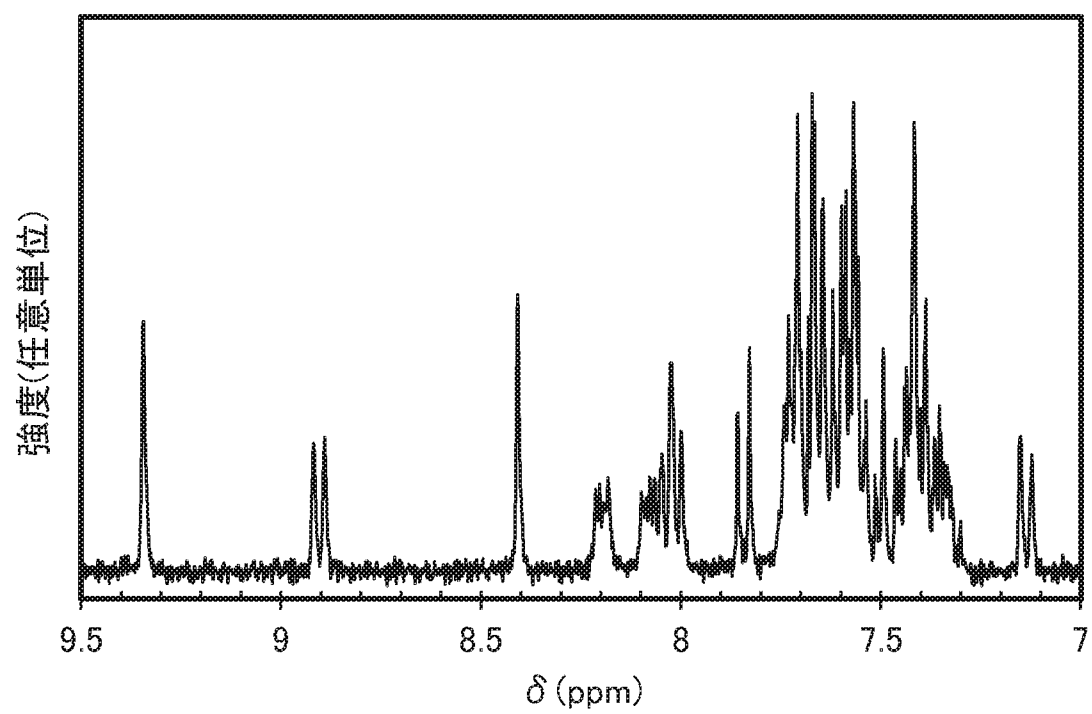
[図25]

24/66

(A)

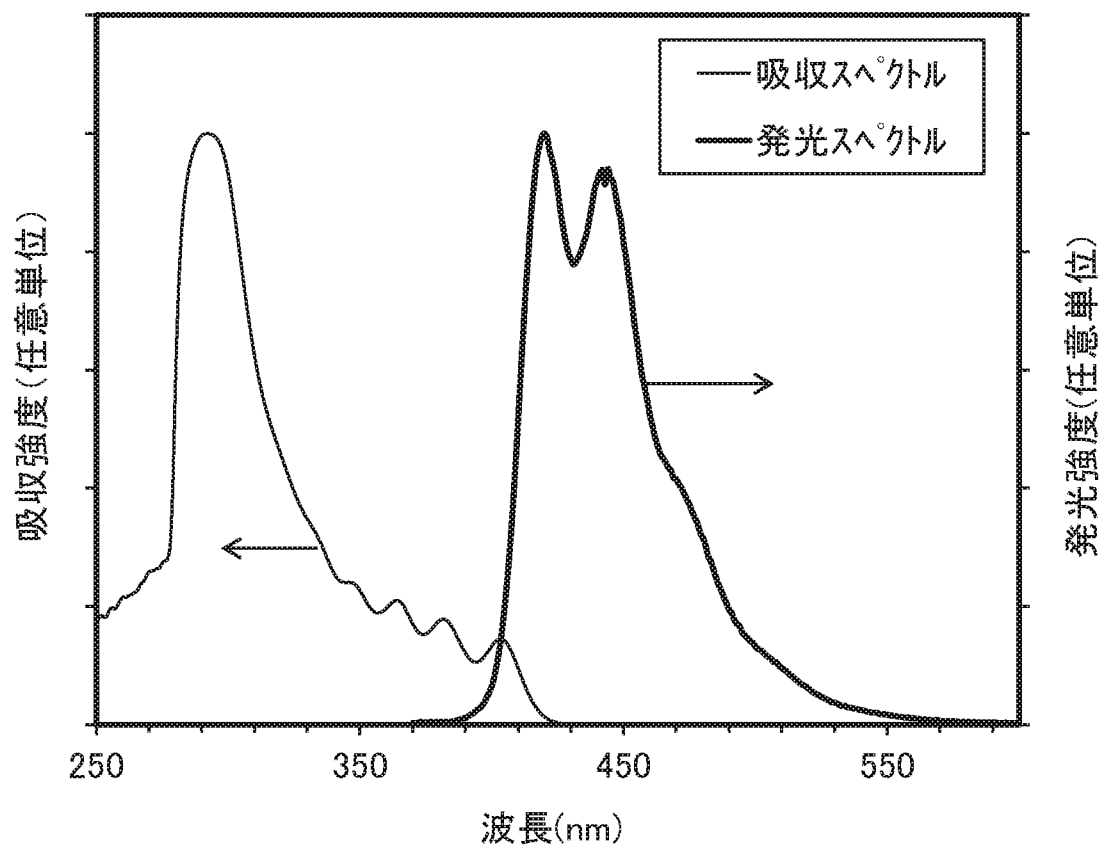


(B)



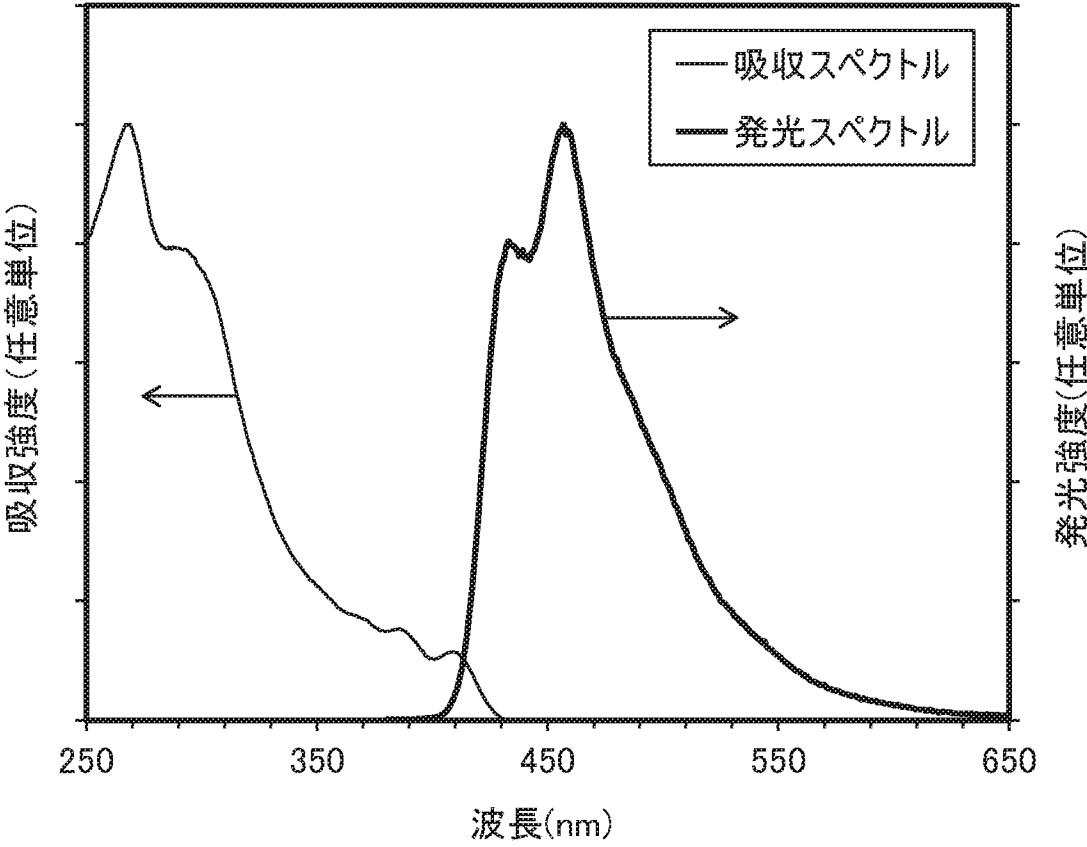
[図26]

25/66



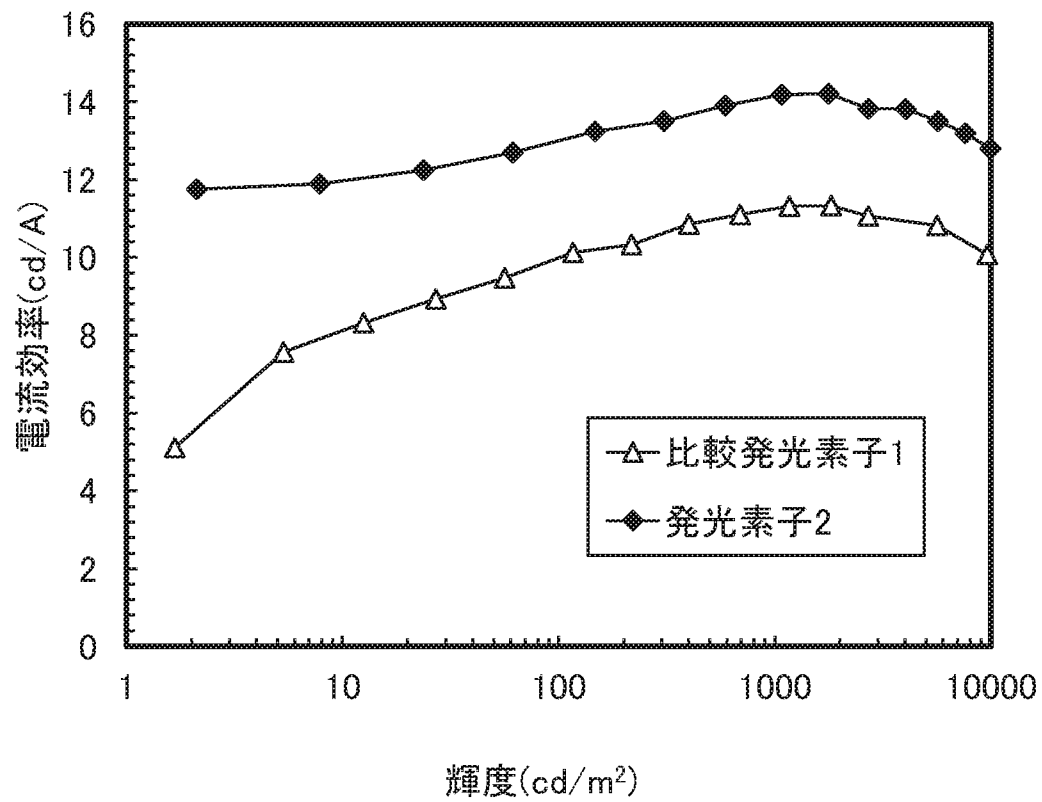
[図27]

26/66

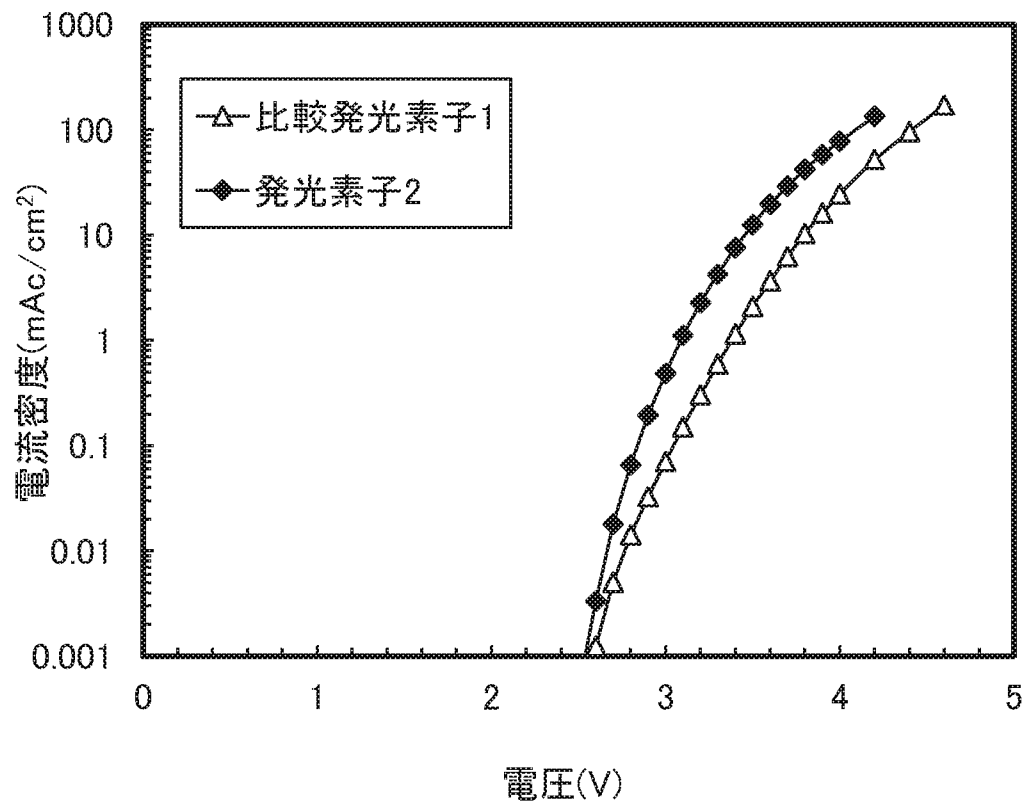


[図28]

27/66

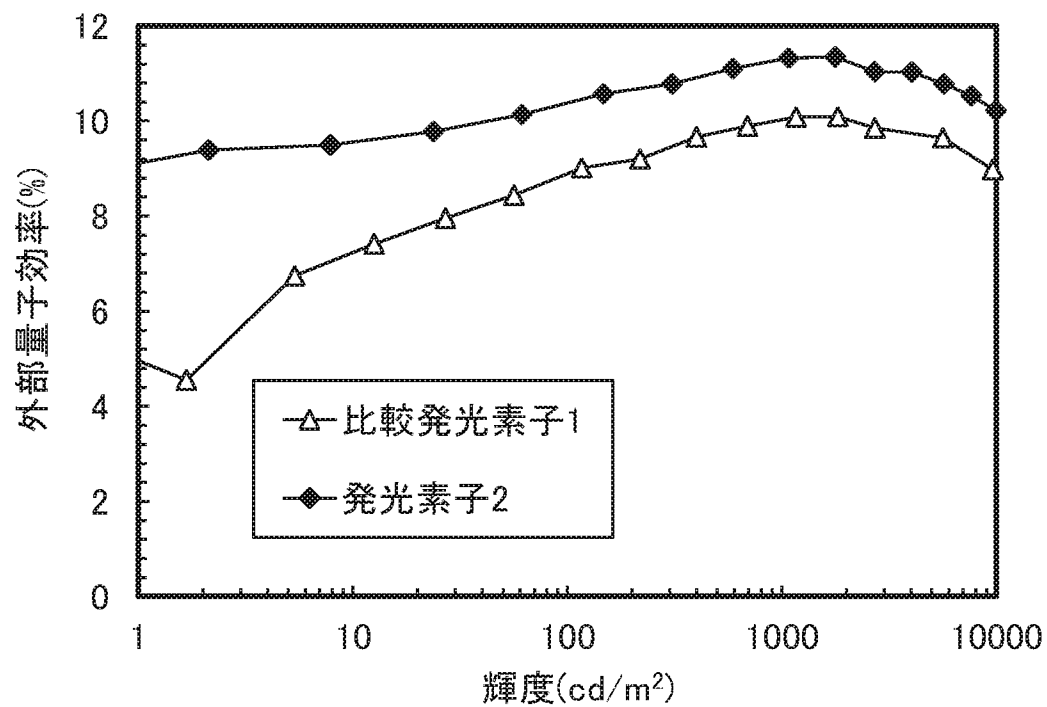


[図29]

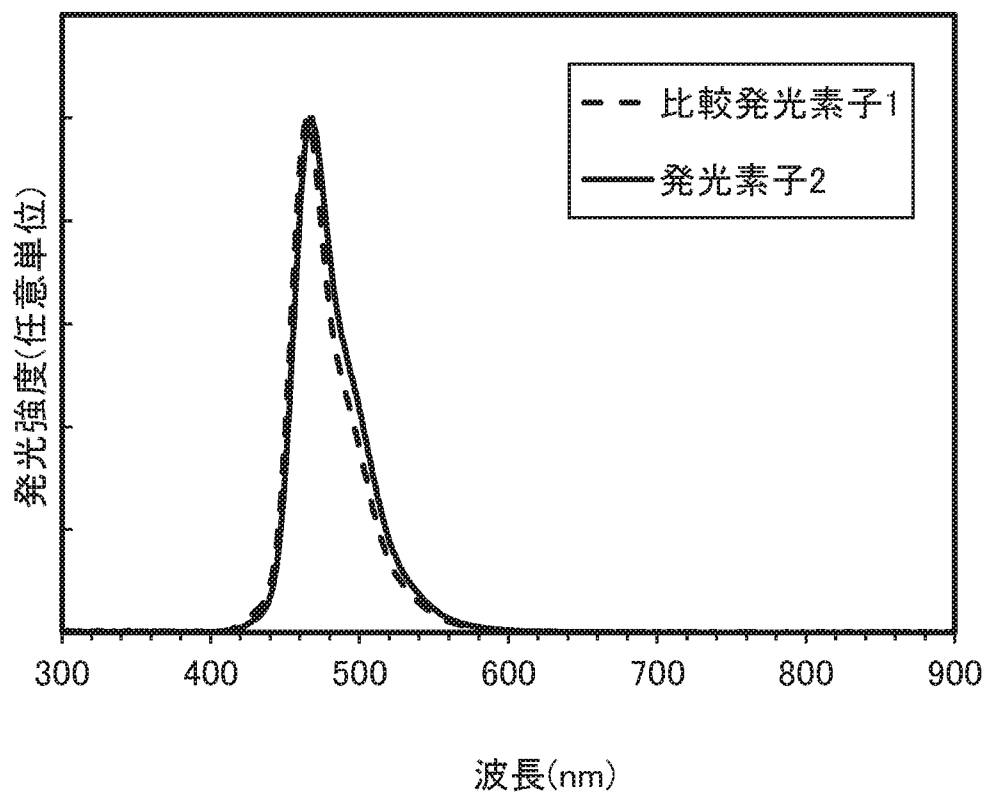


[図30]

28/66

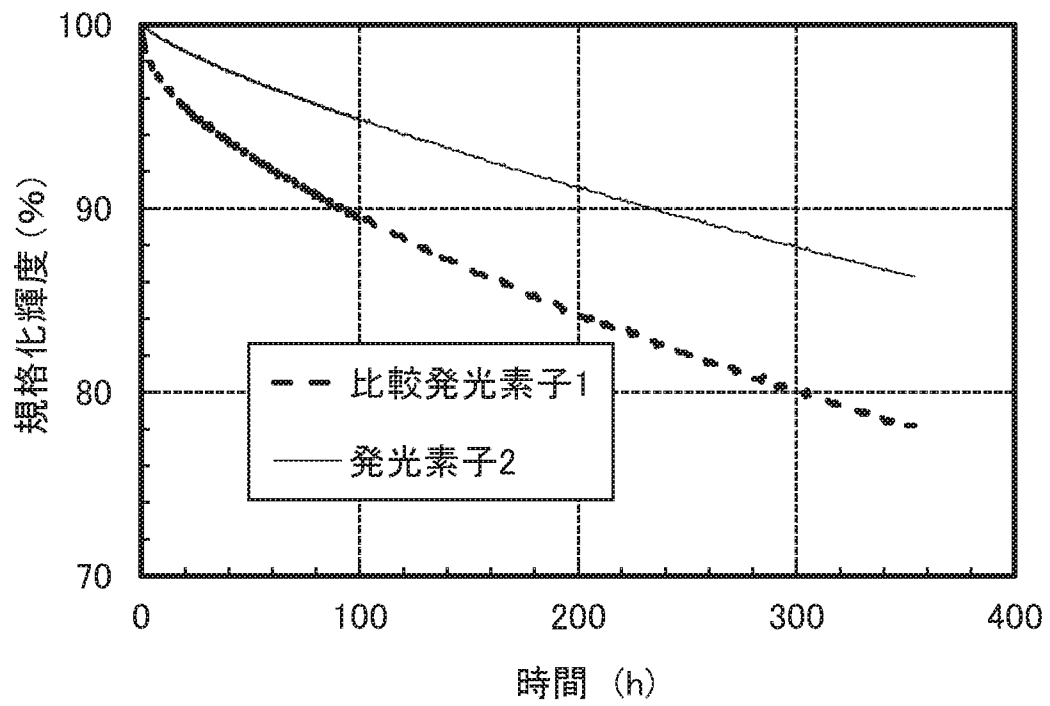


[図31]



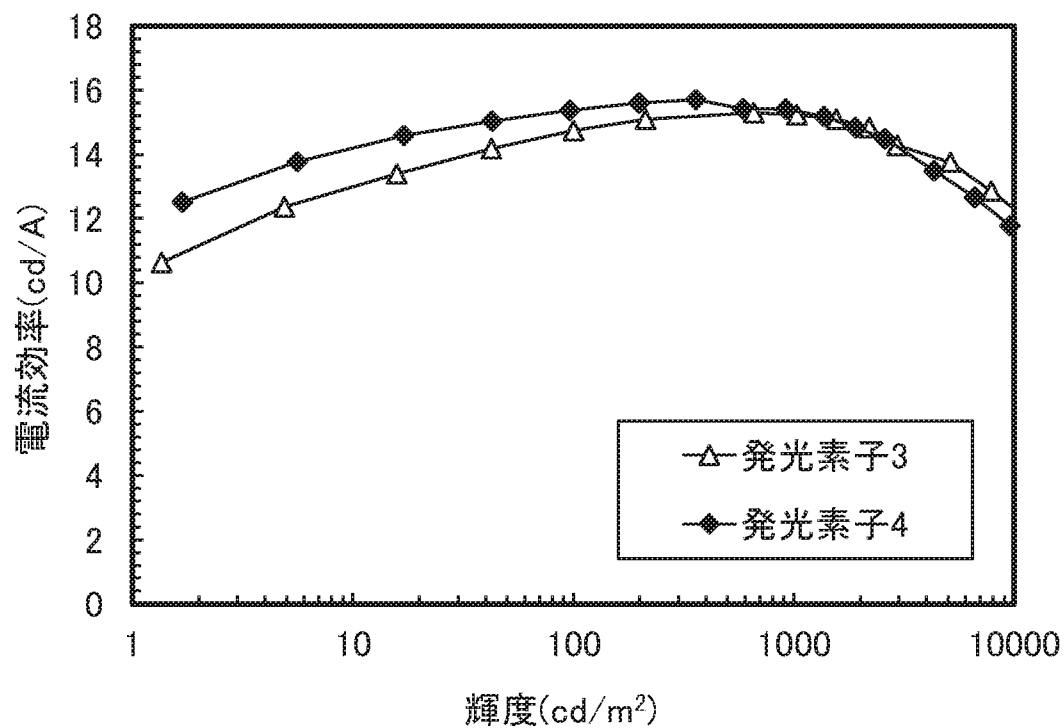
[図32]

29/66

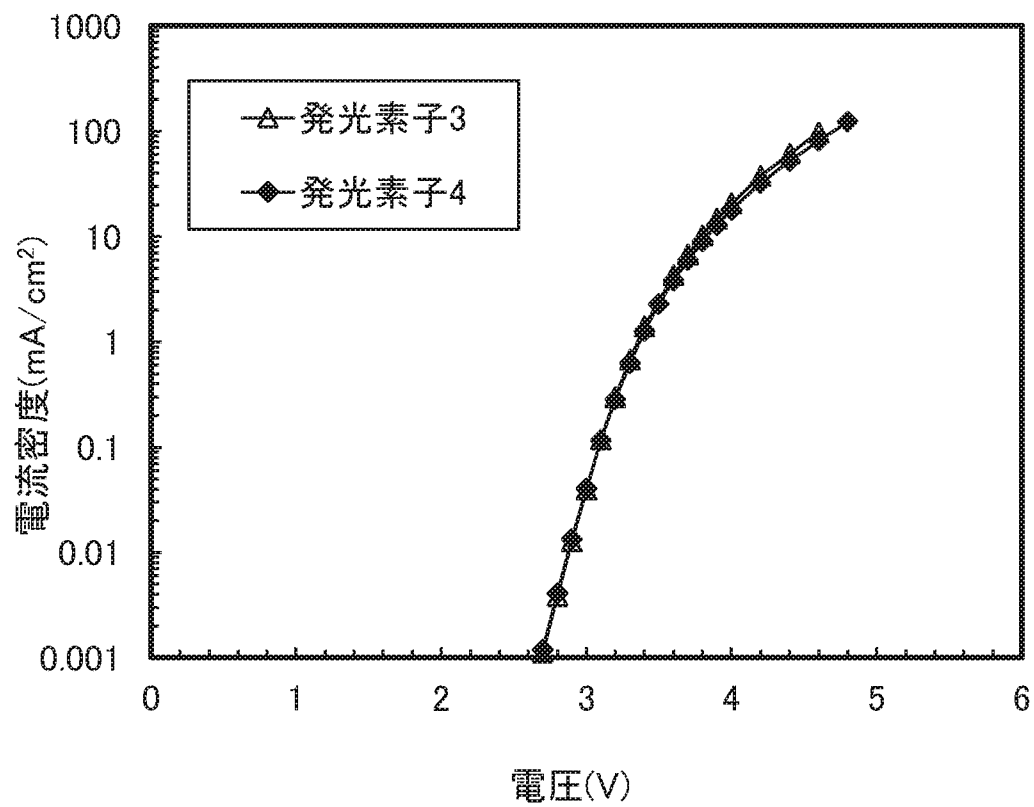


[図33]

30/66

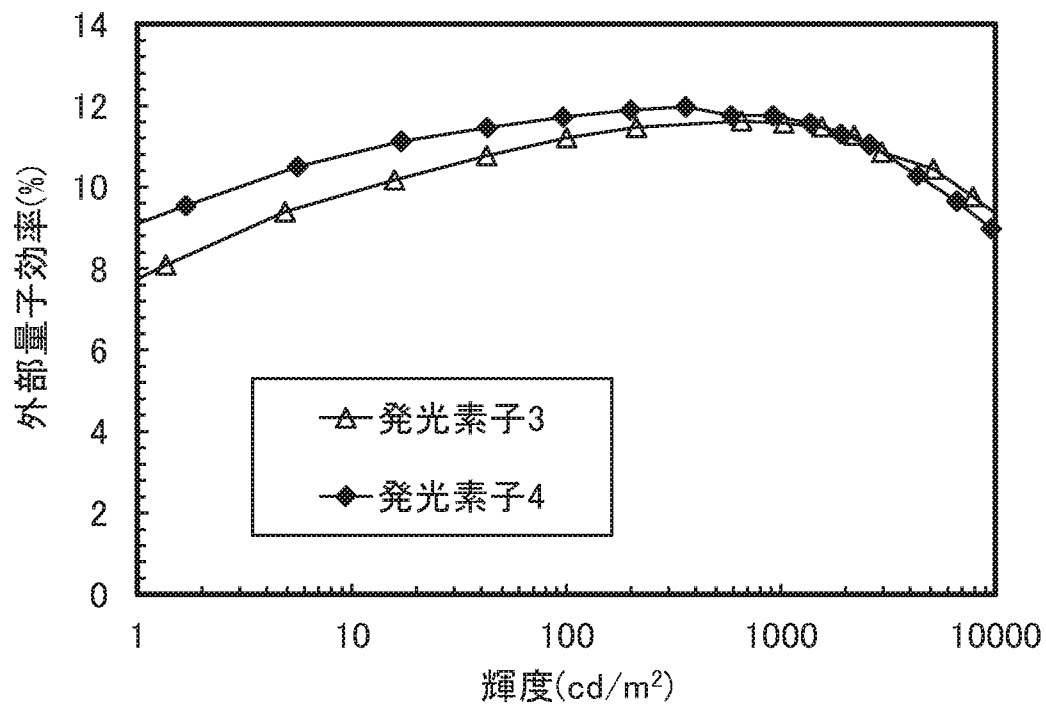


[図34]

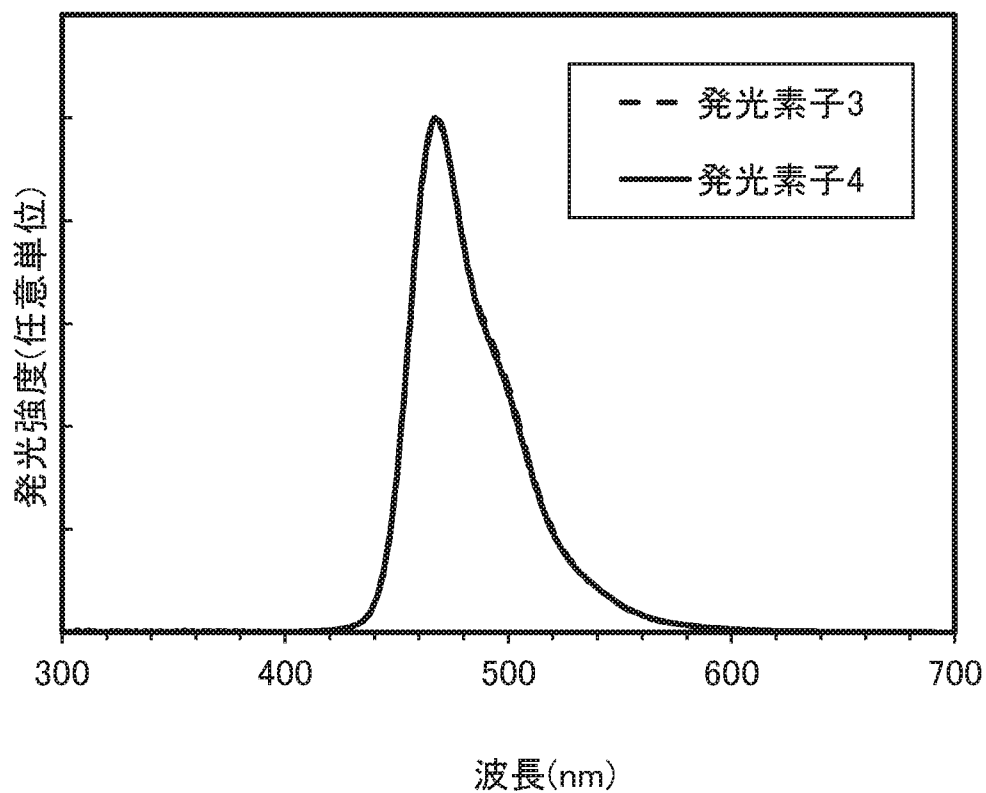


[図35]

31/66

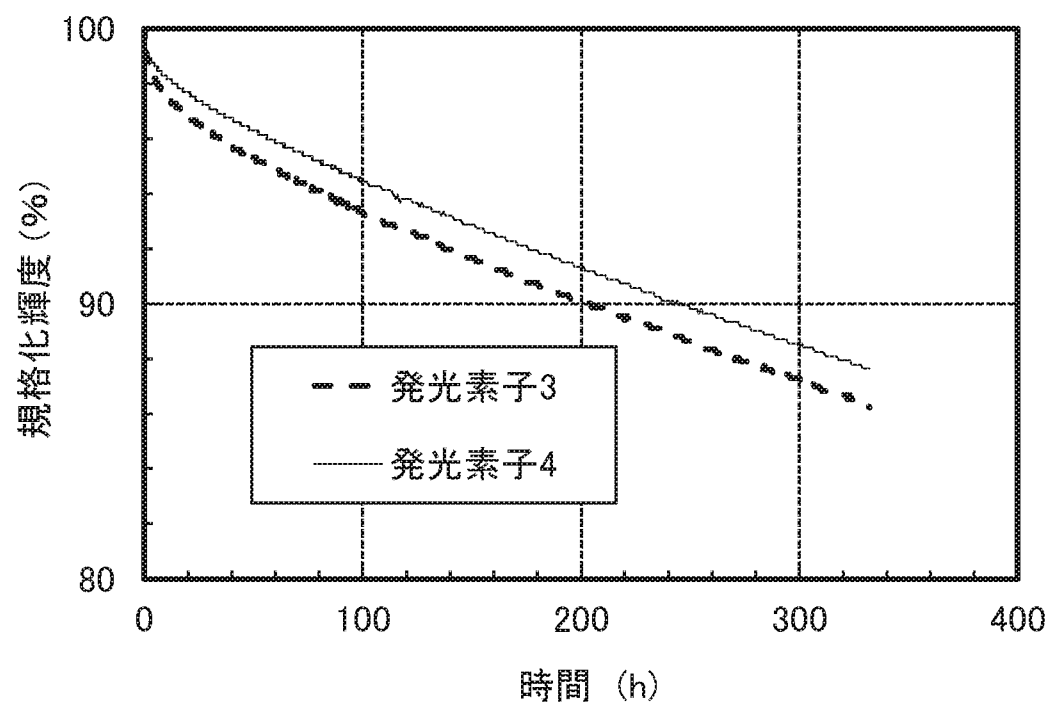


[図36]



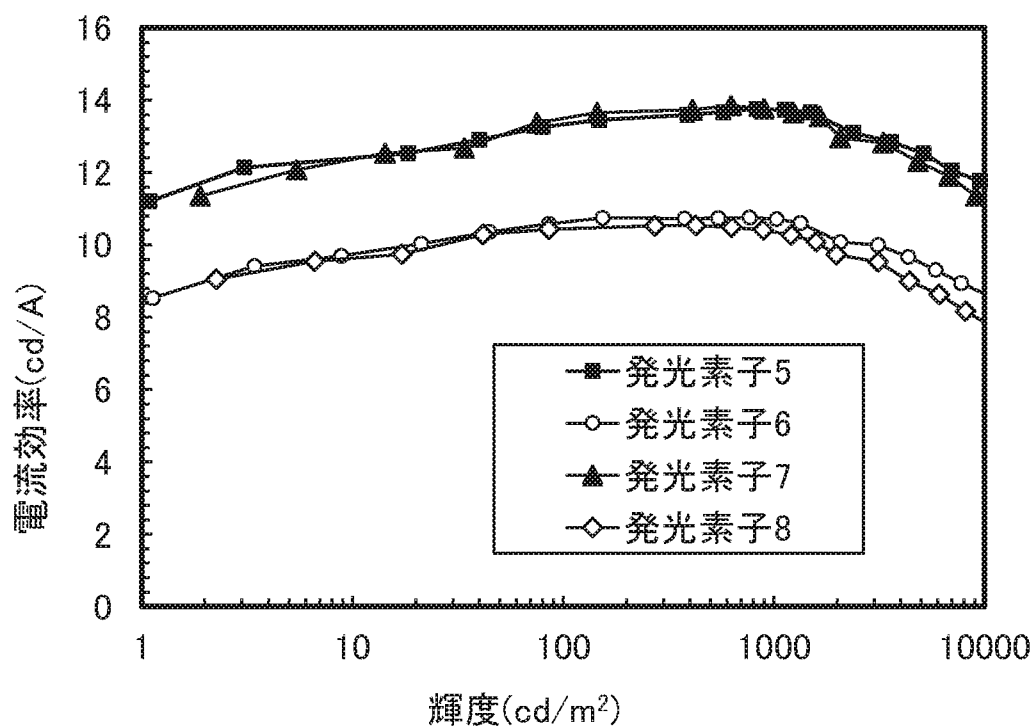
[図37]

32/66

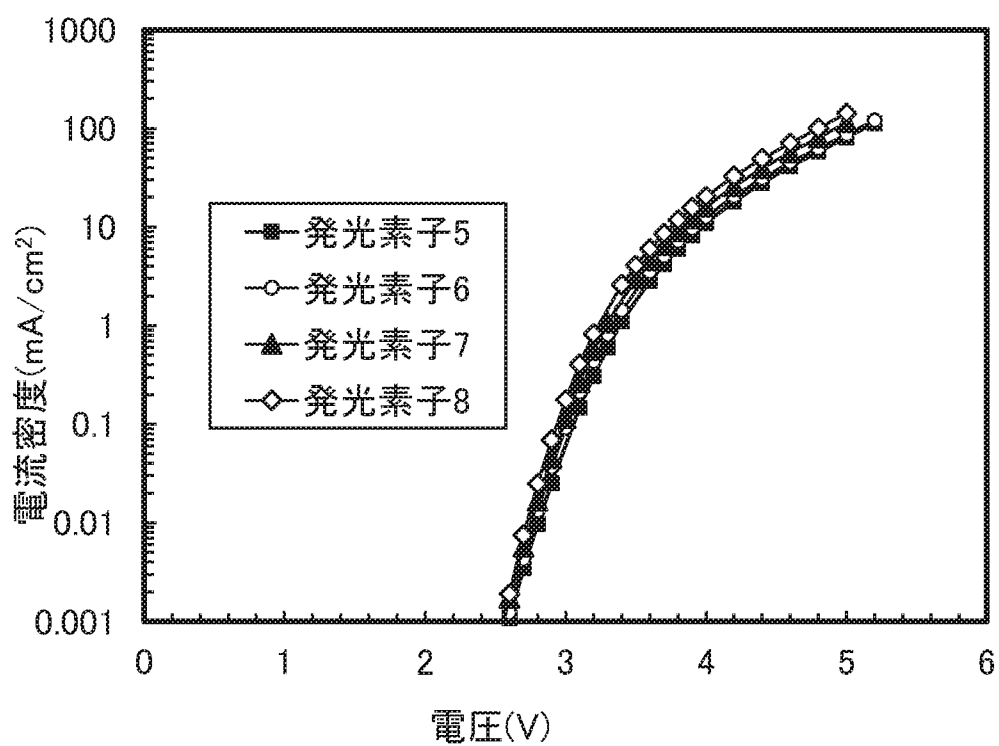


[図38]

33/66

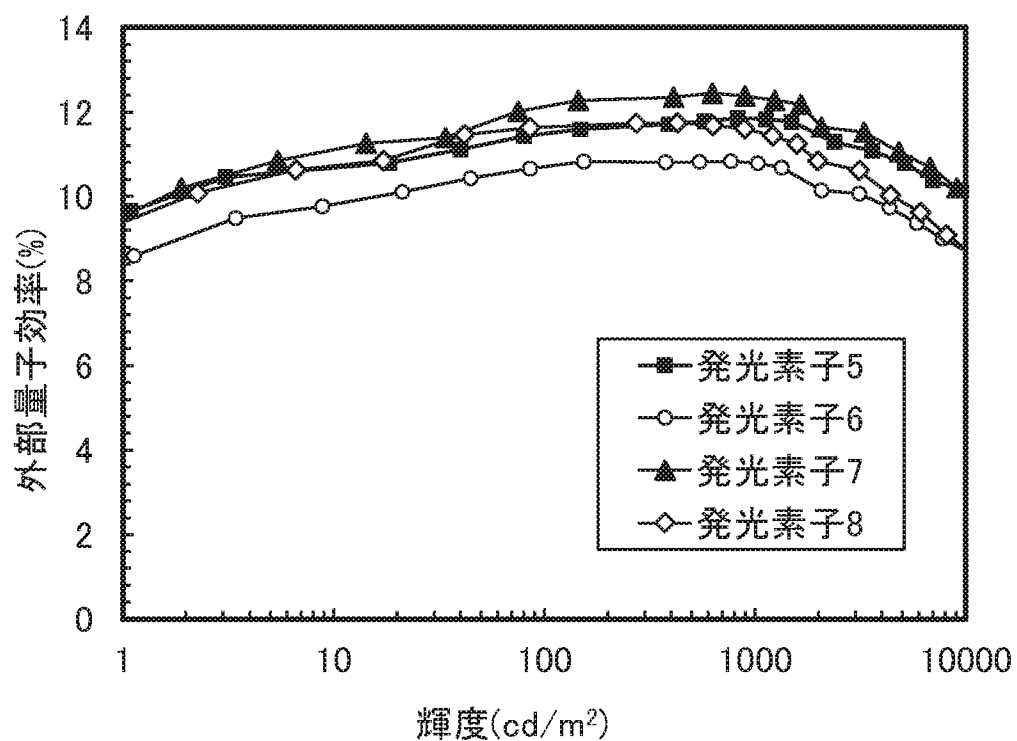


[図39]

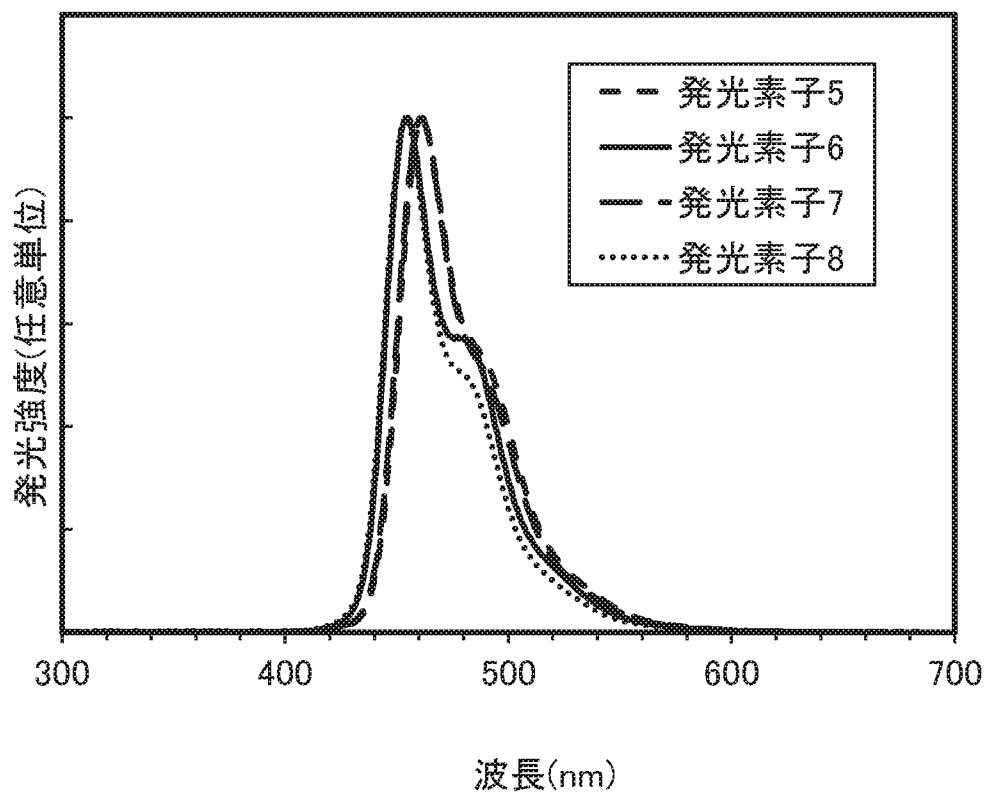


[図40]

34/66

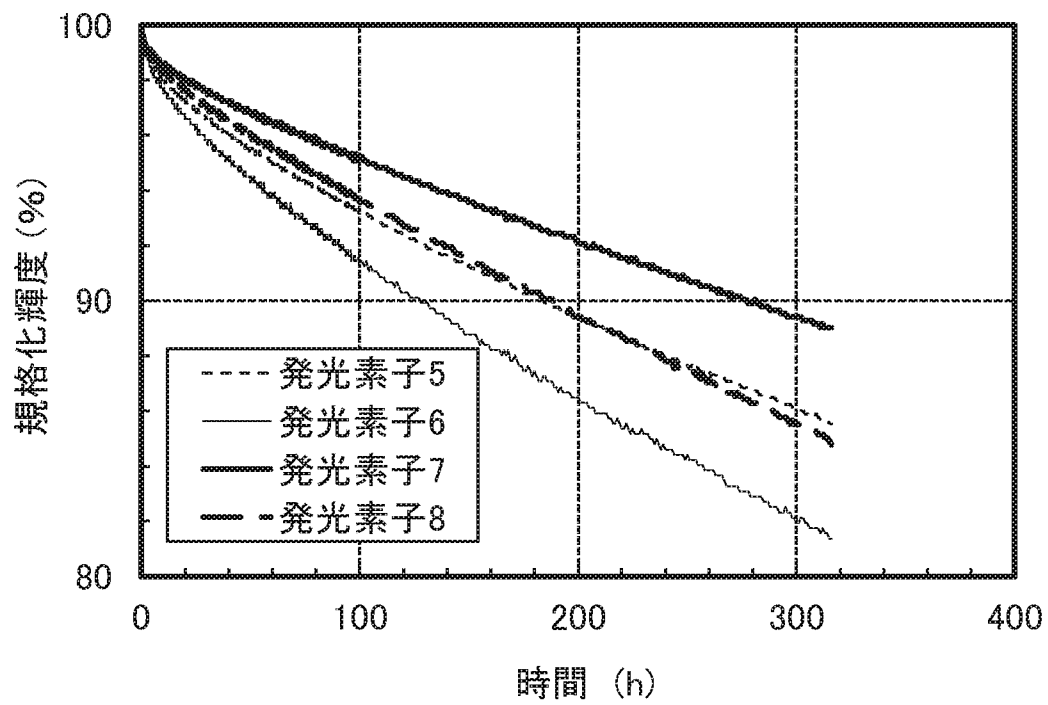


[図41]



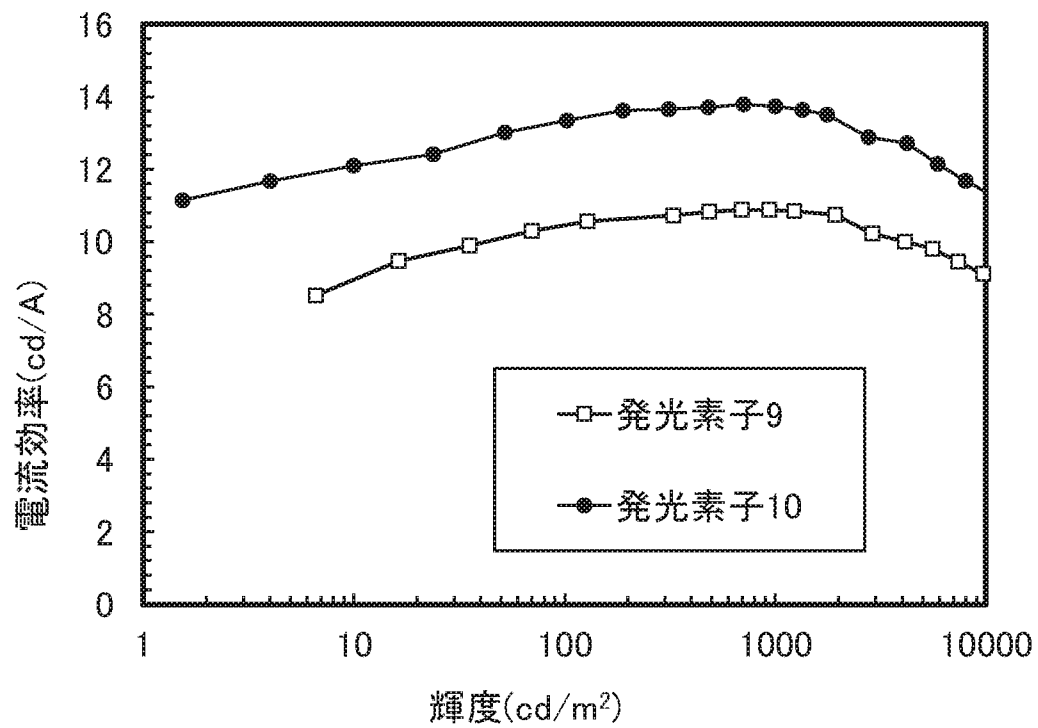
[図42]

35/66

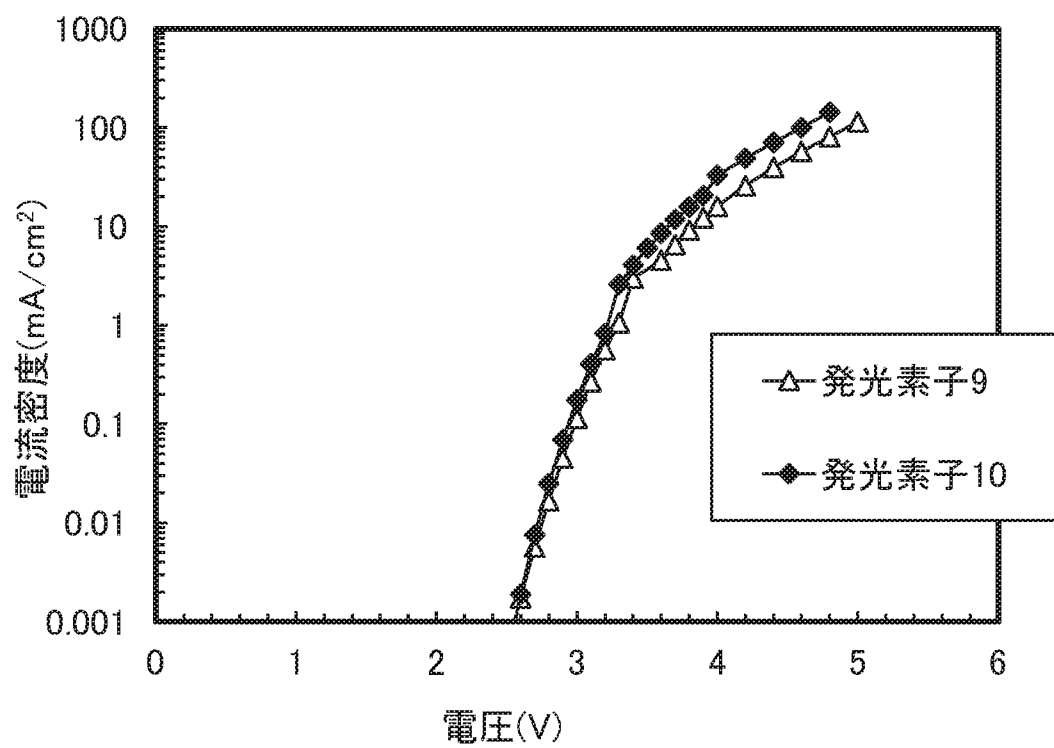


[図43]

36/66

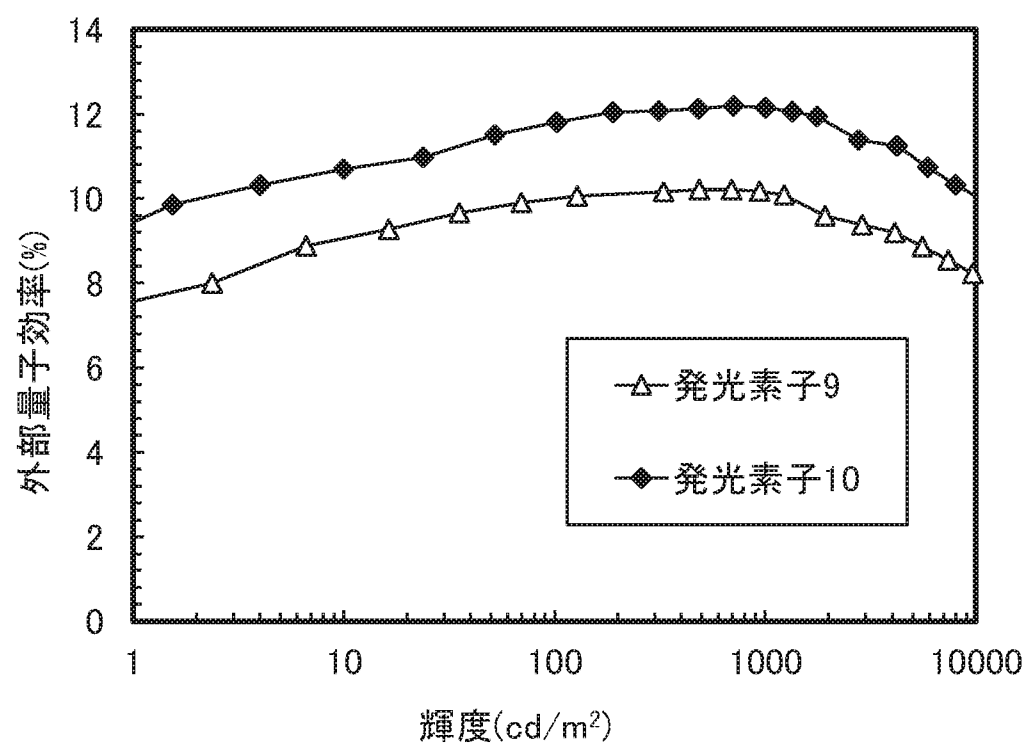


[図44]

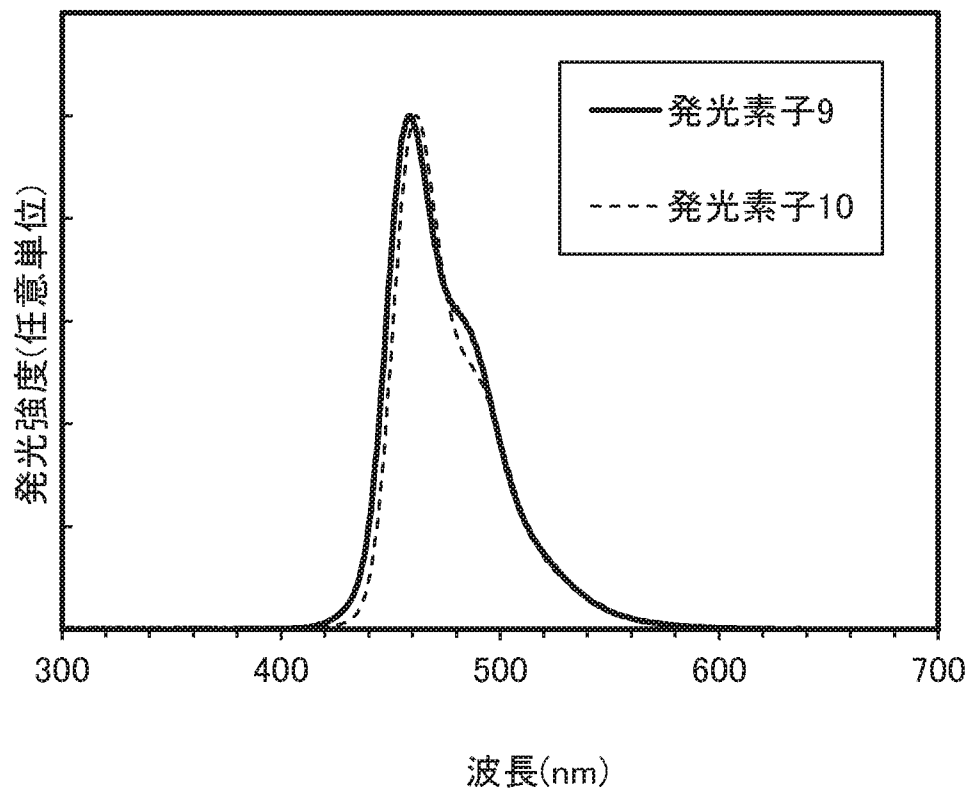


[図45]

37/66

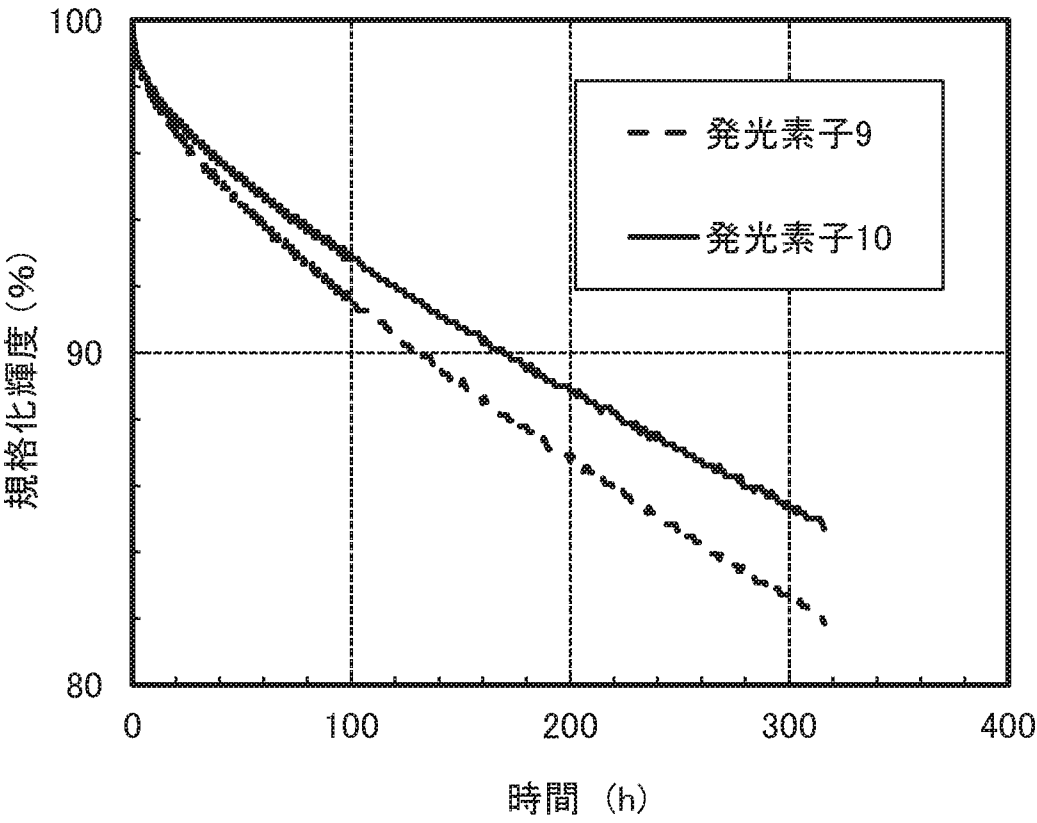


[図46]



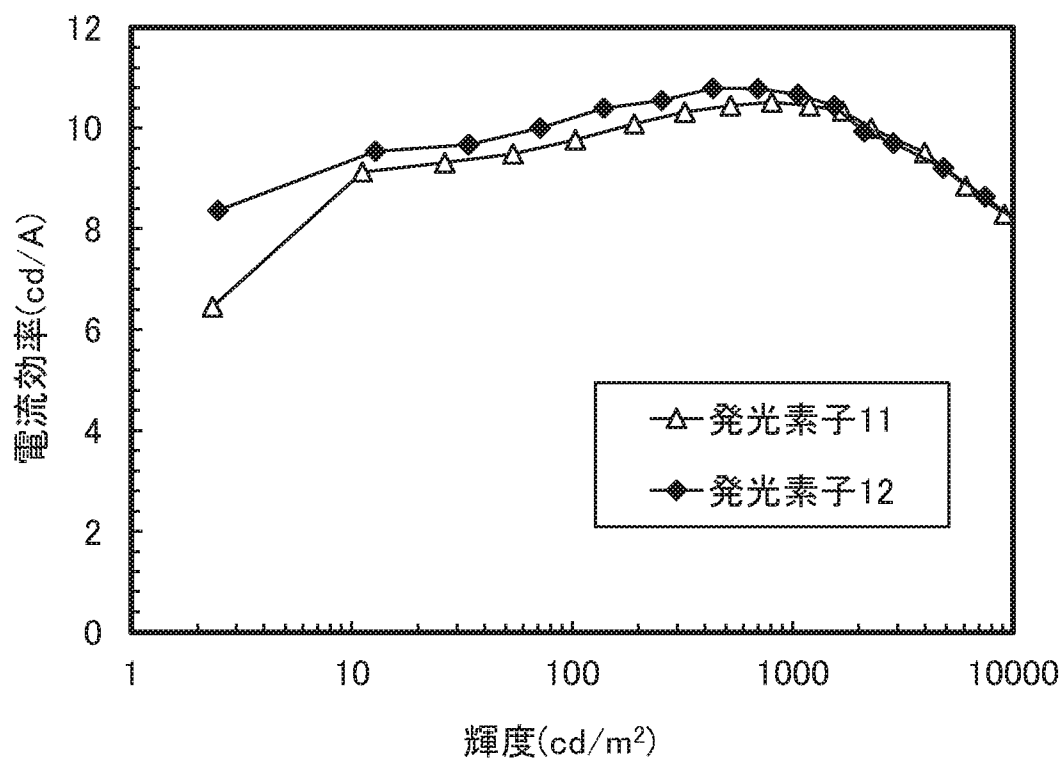
[図47]

38/66

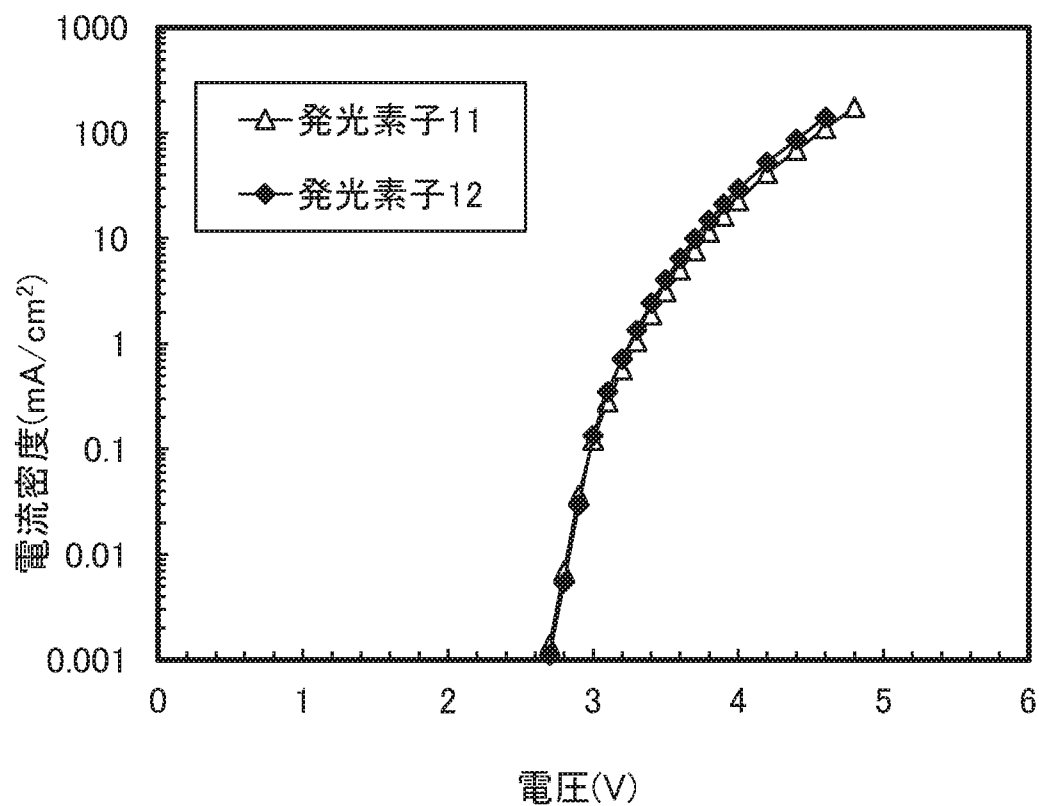


[図48]

39/66

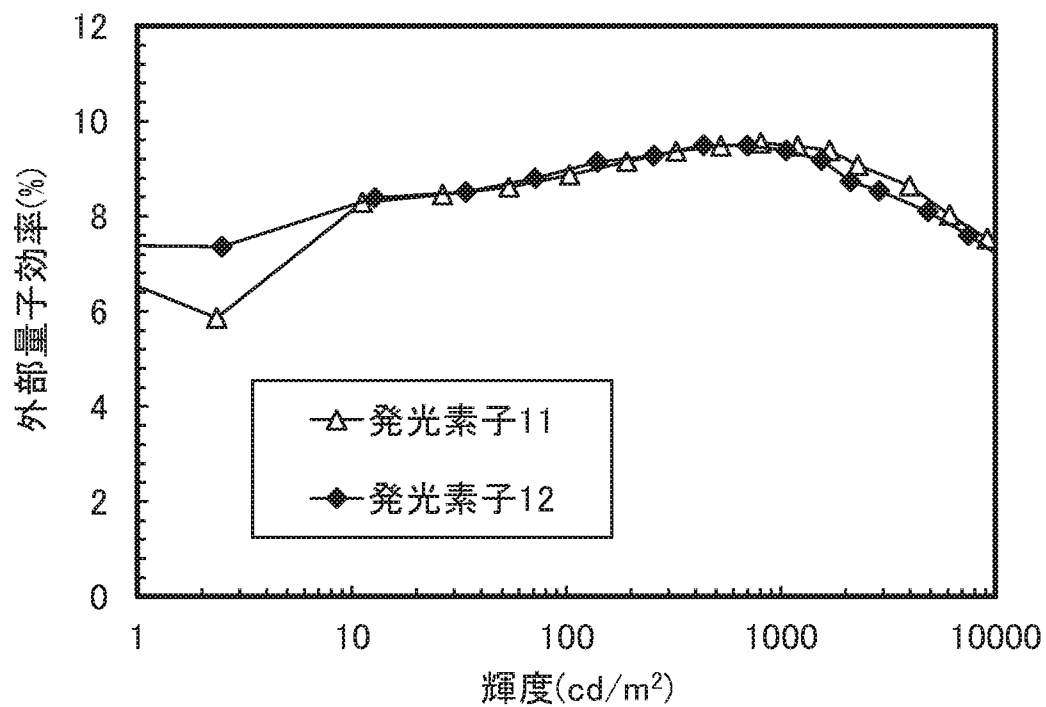


[図49]

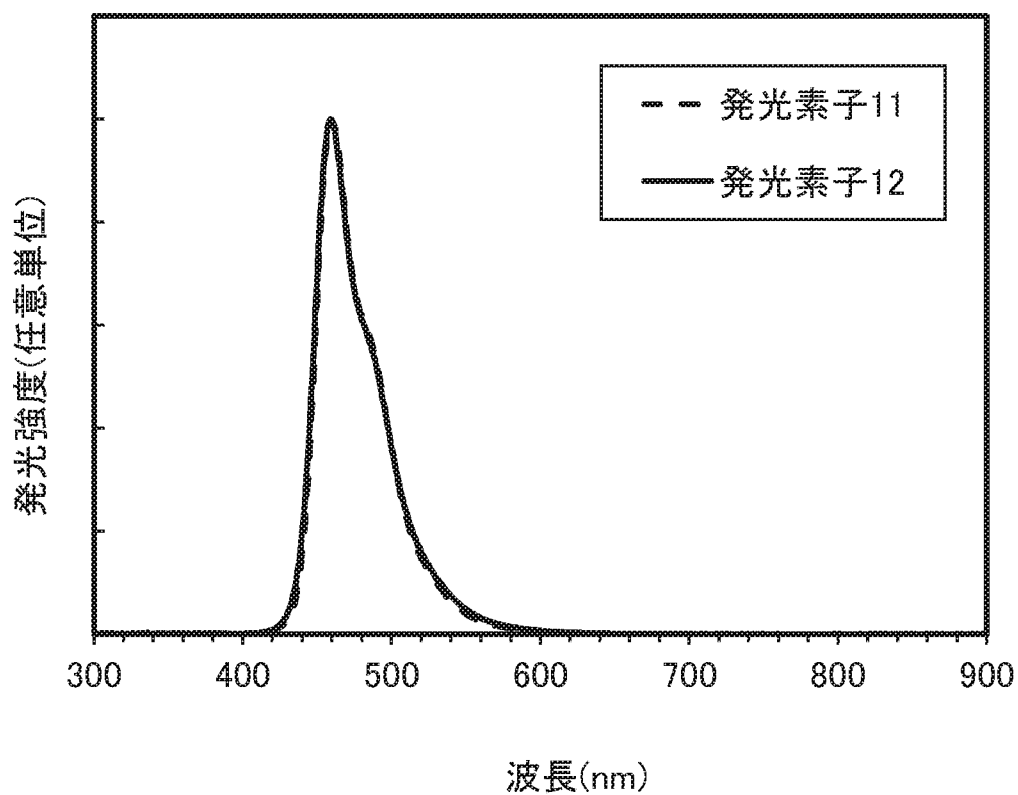


[図50]

40/66

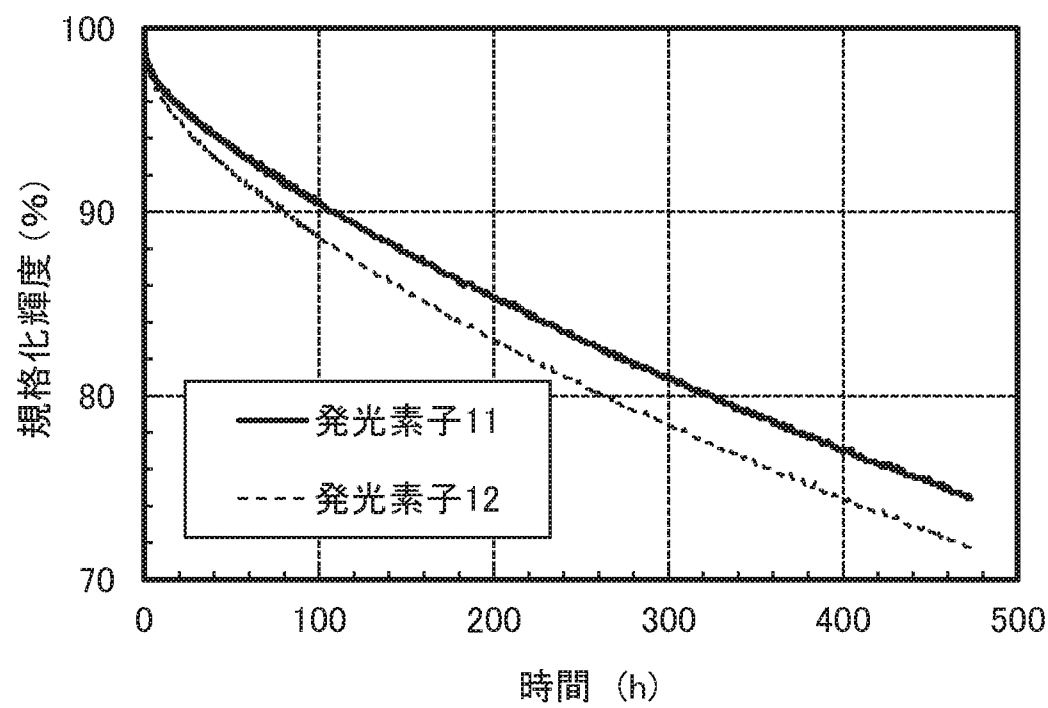


[図51]



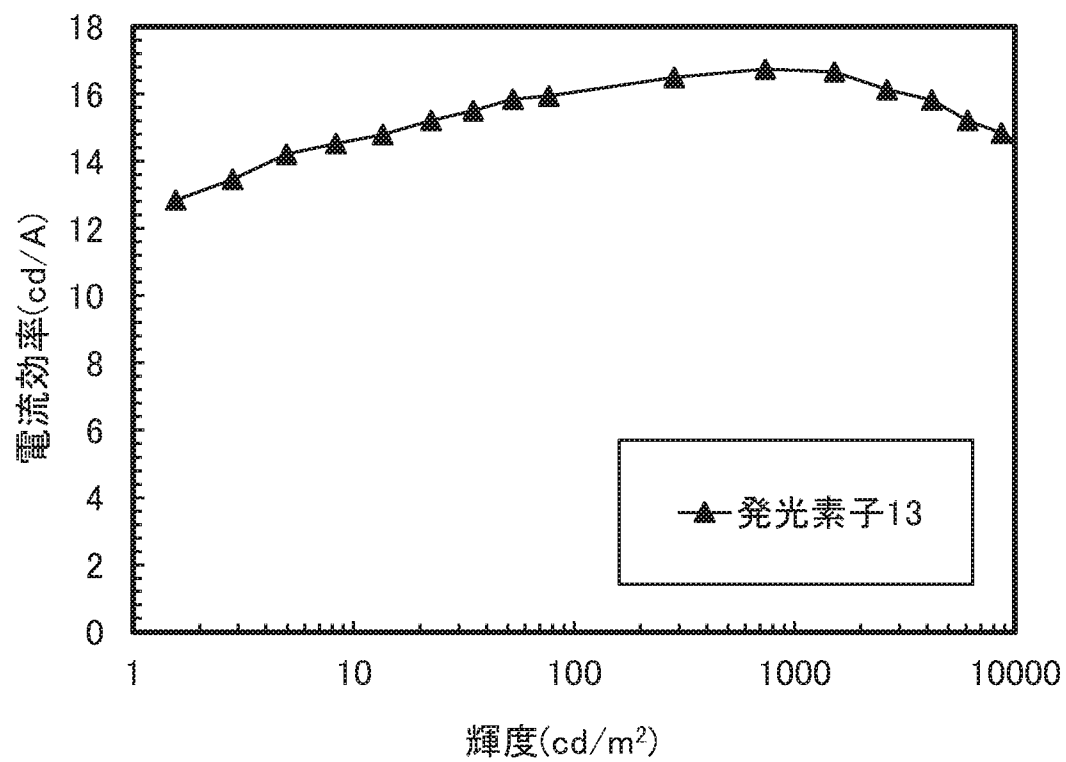
[図52]

41/66

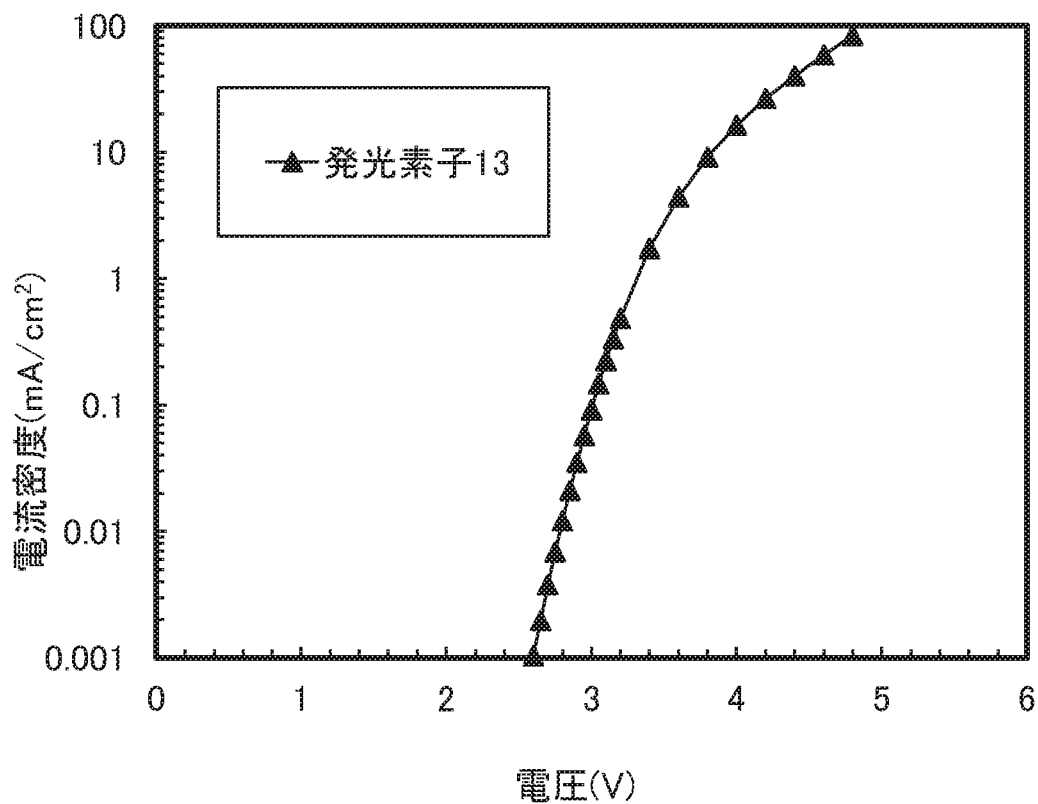


[図53]

42/66

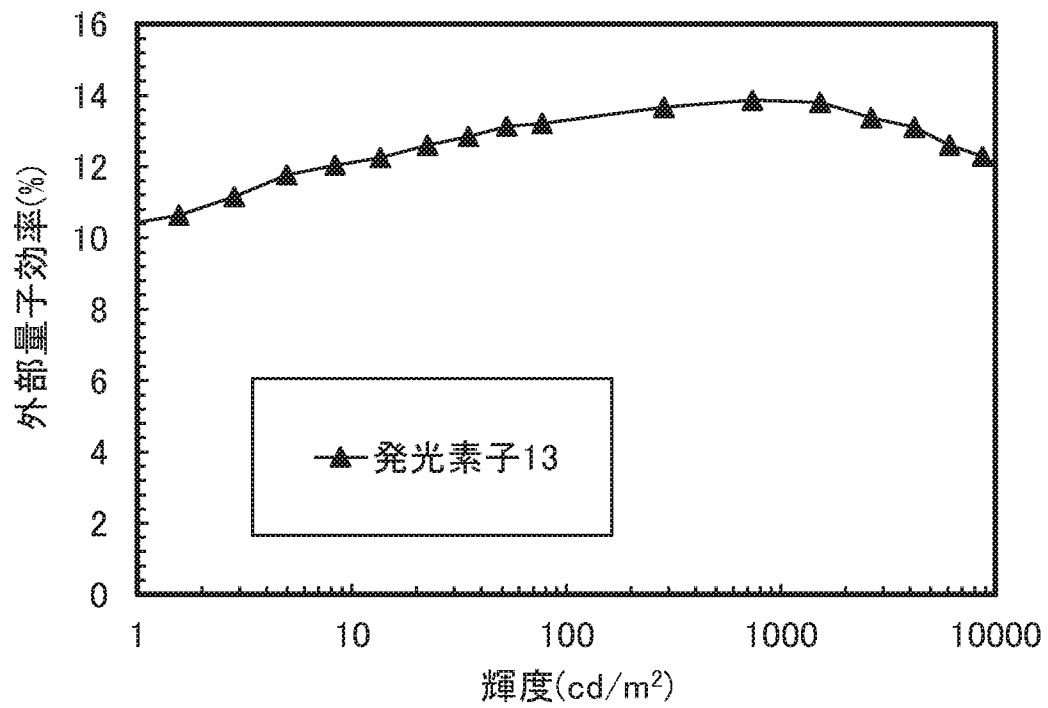


[図54]

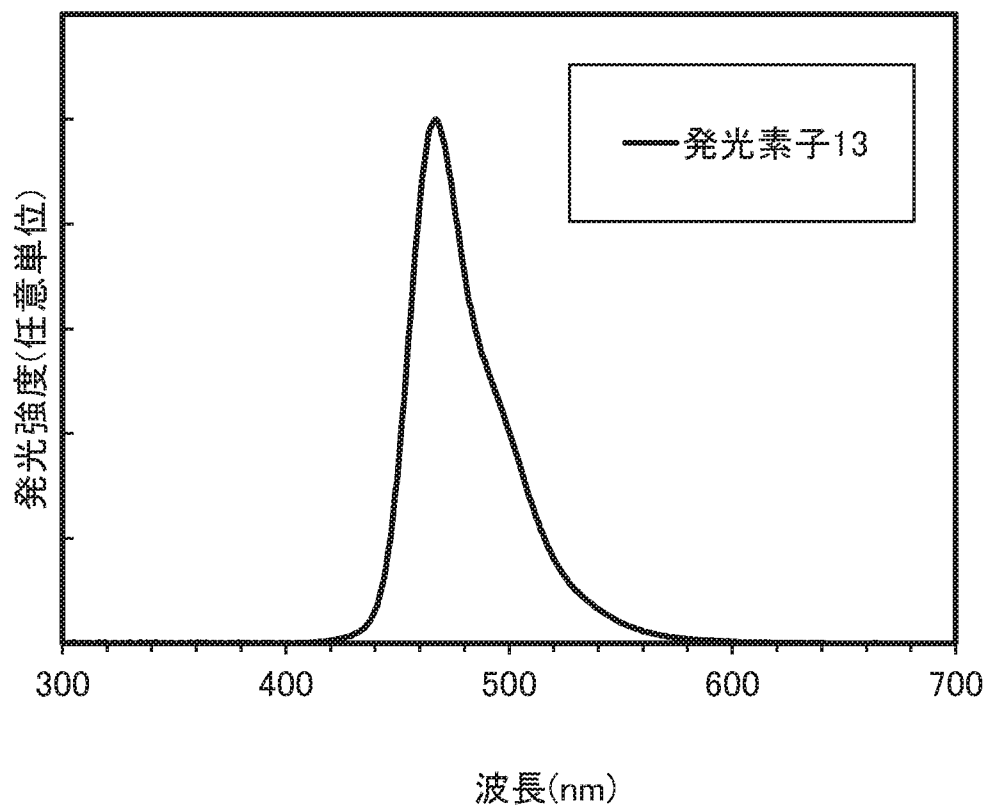


[図55]

43/66

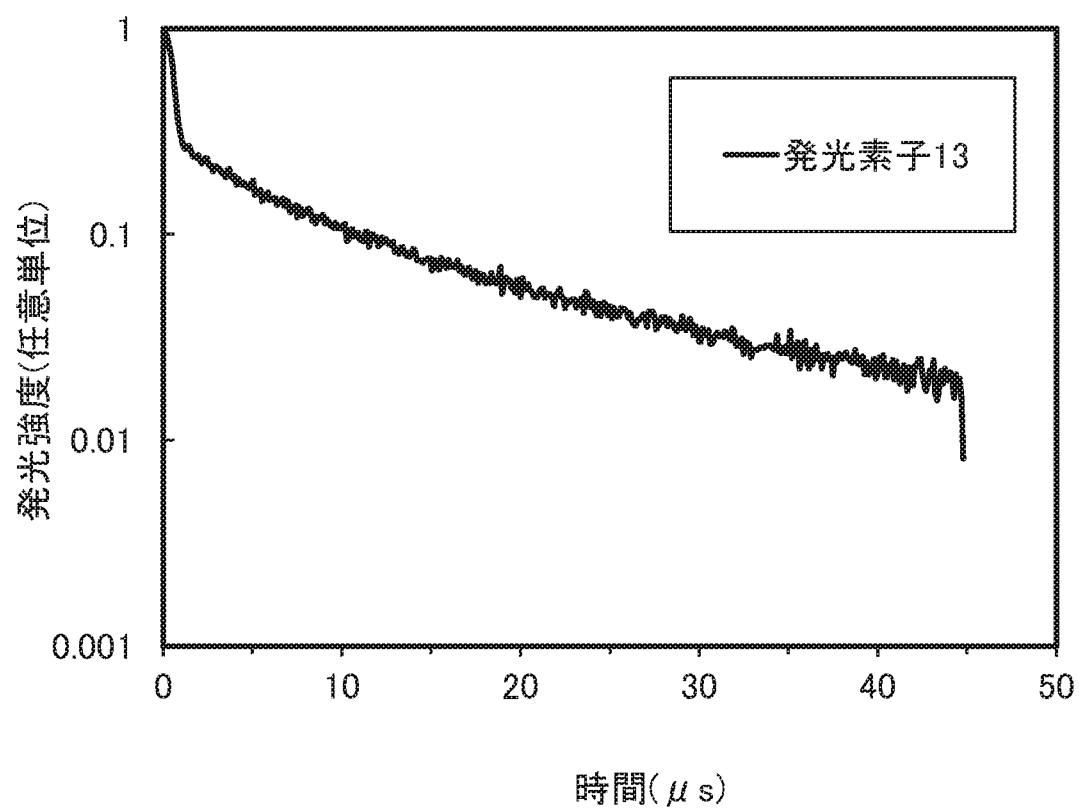


[図56]



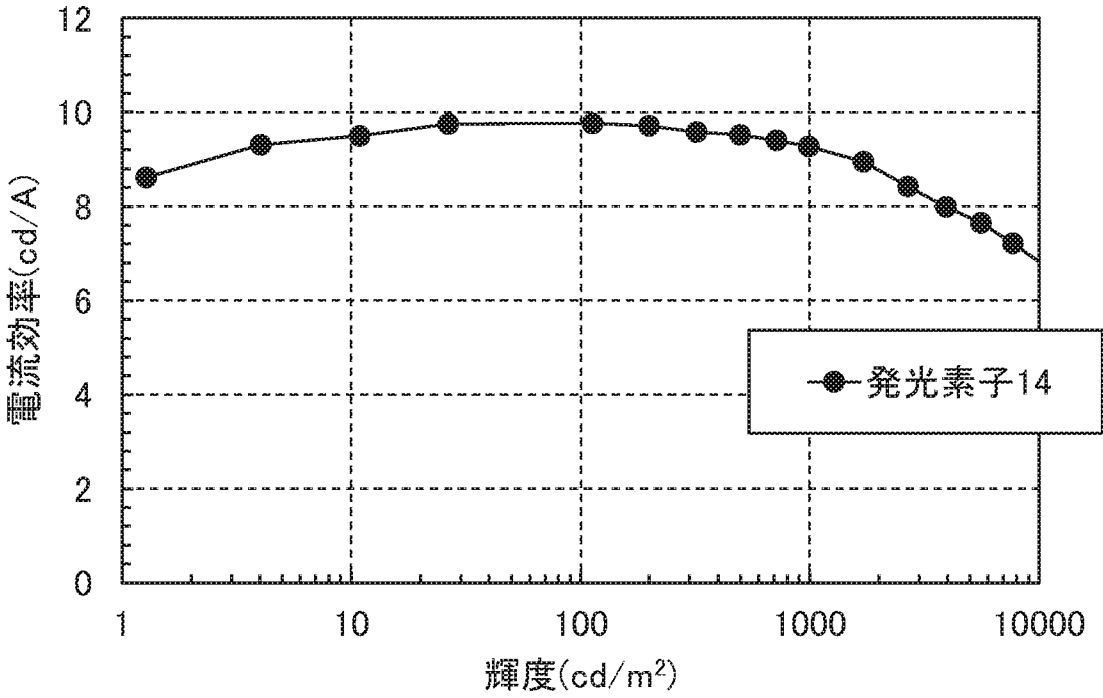
[図57]

44/66

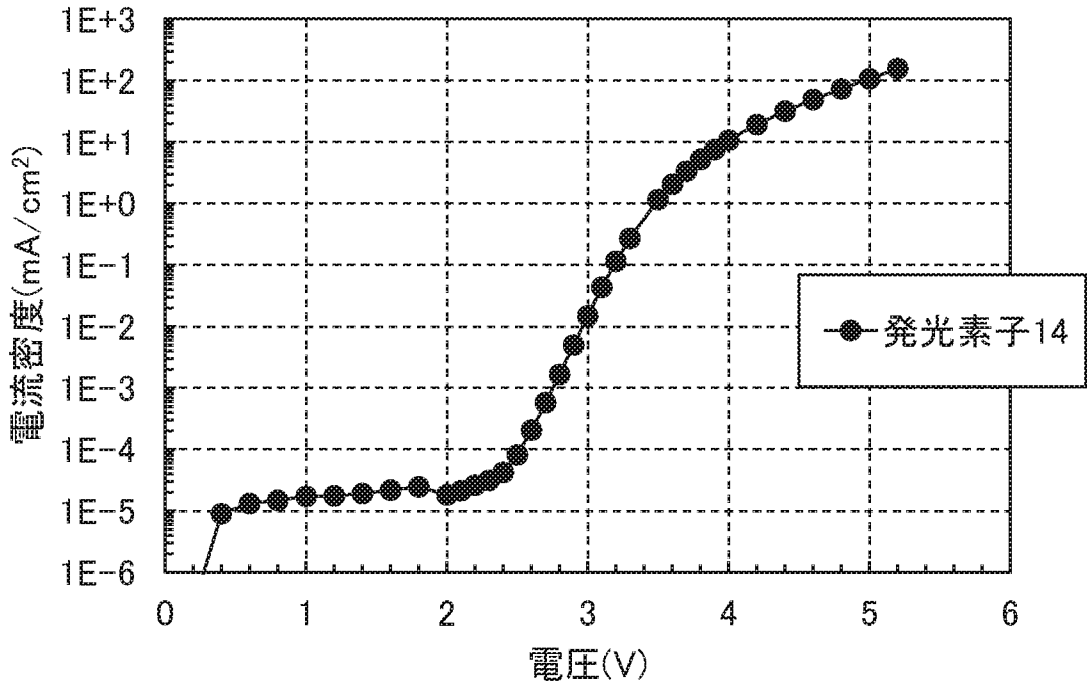


[図58]

45/66

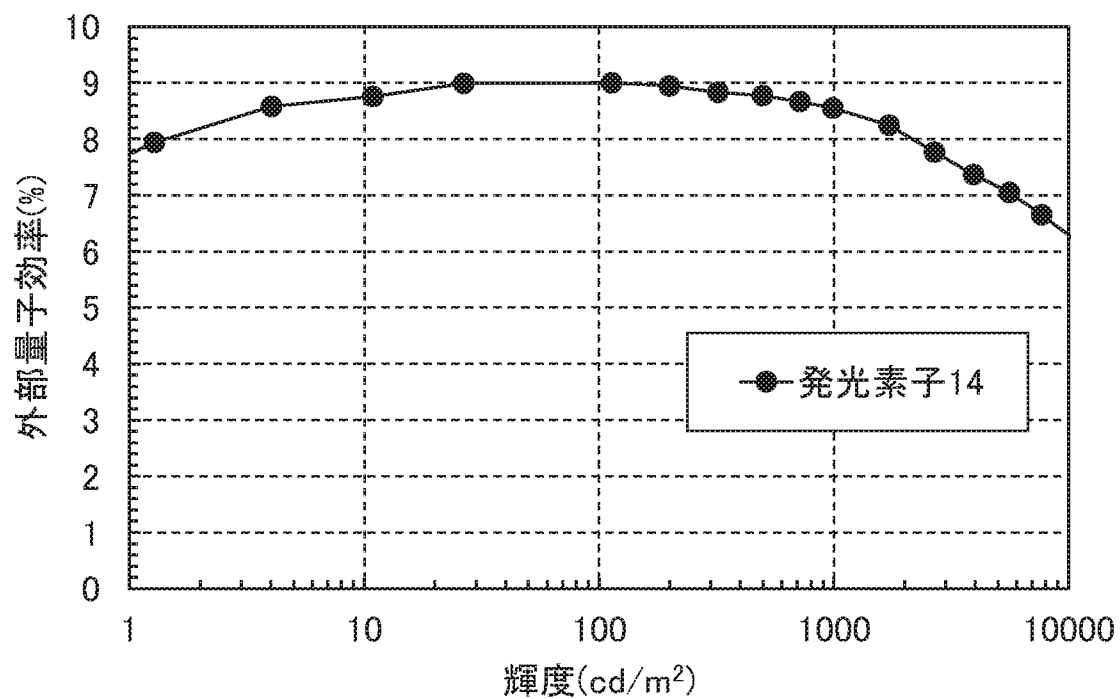


[図59]

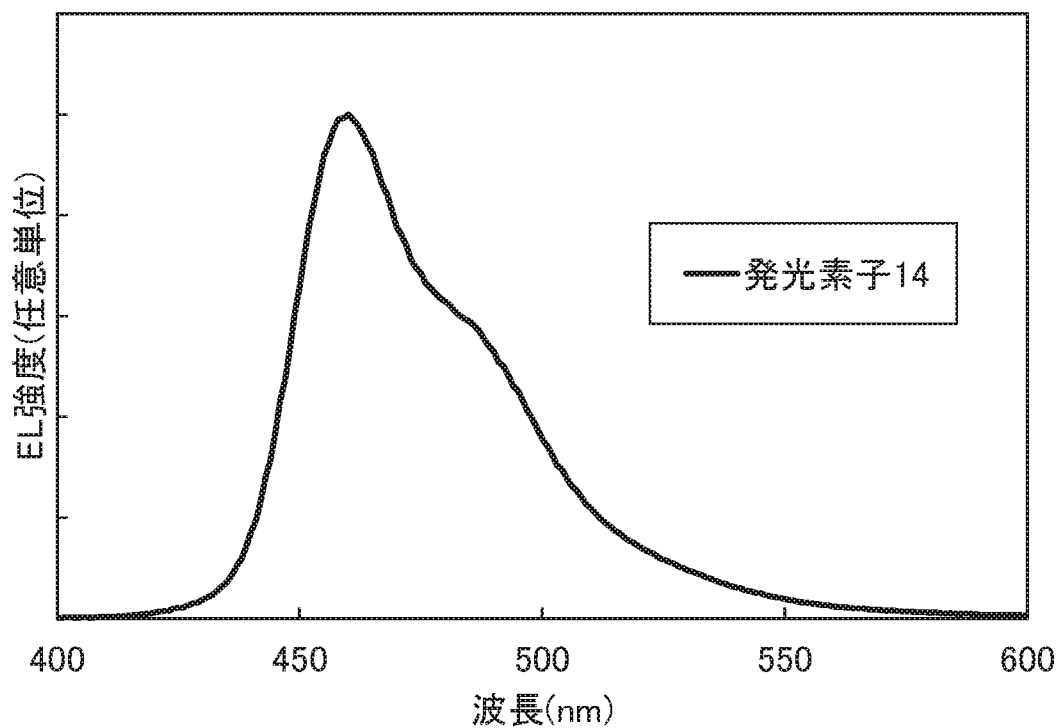


[図60]

46/66

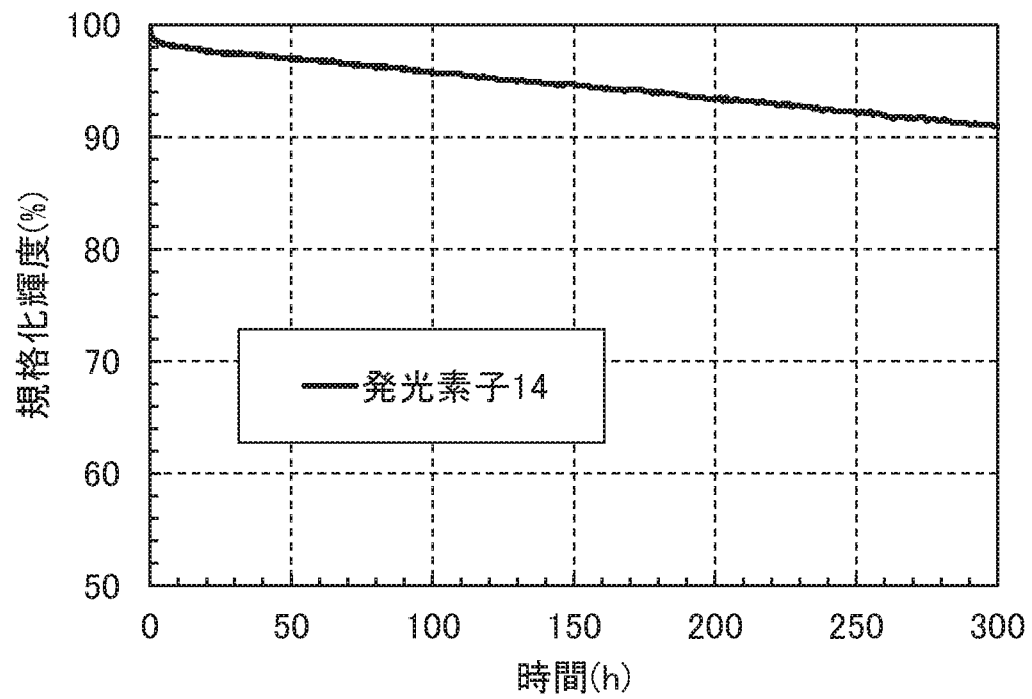


[図61]



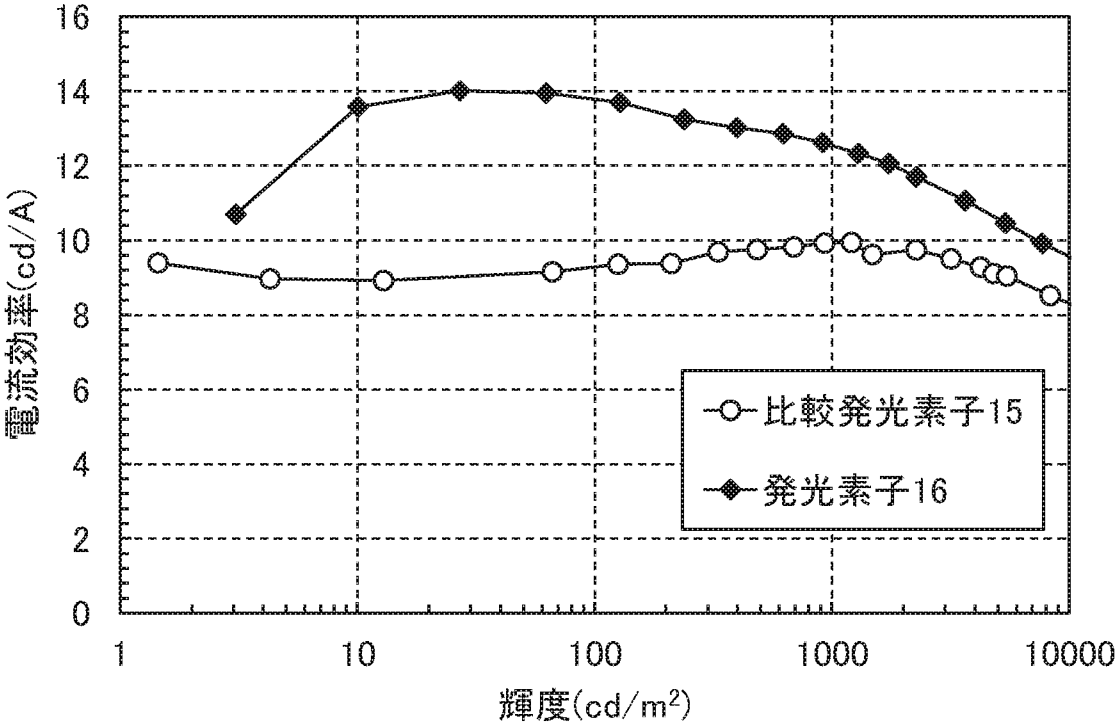
[図62]

47/66

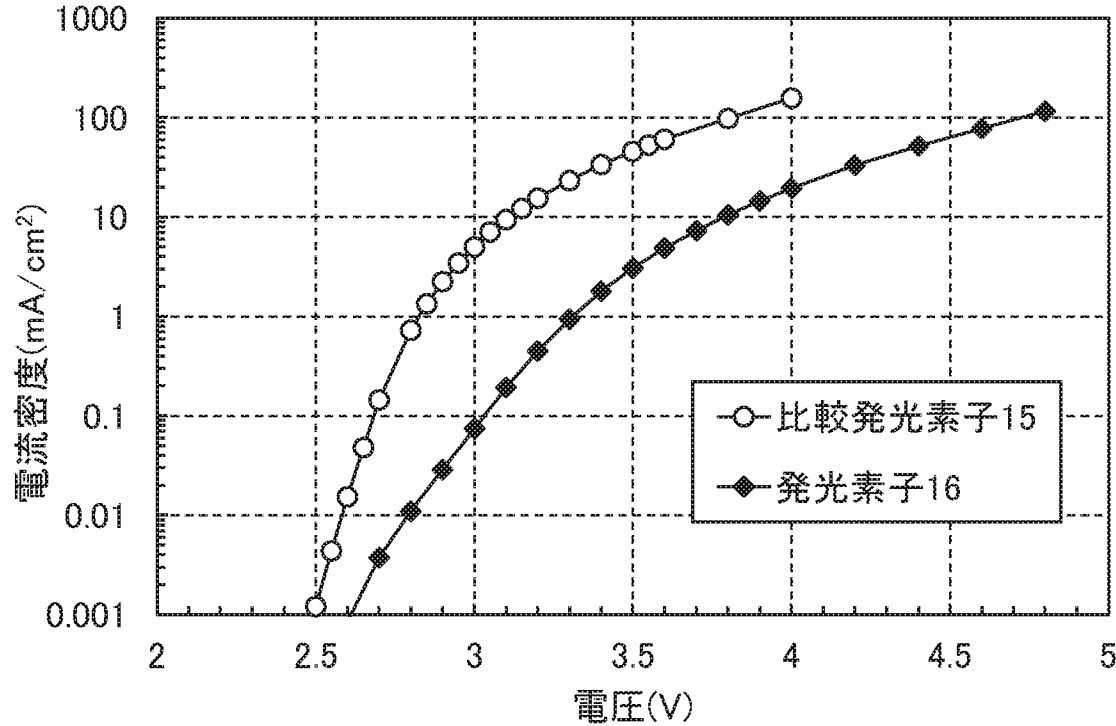


[図63]

48/66

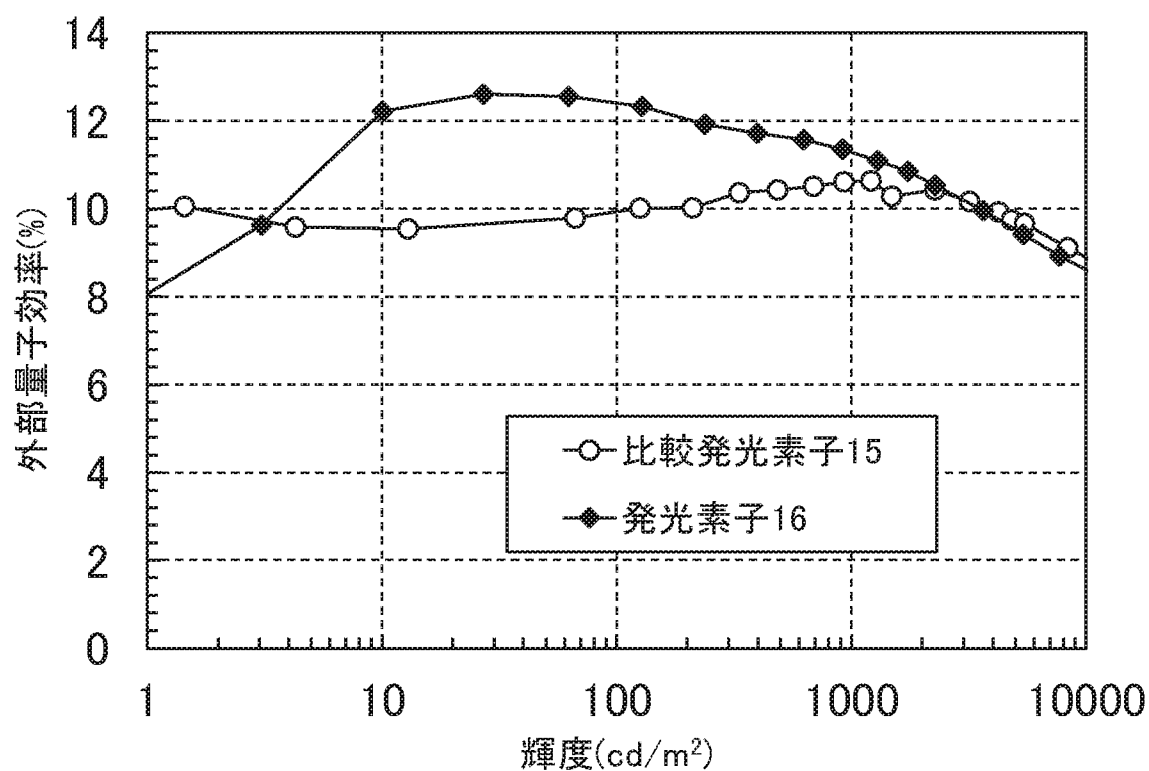


[図64]

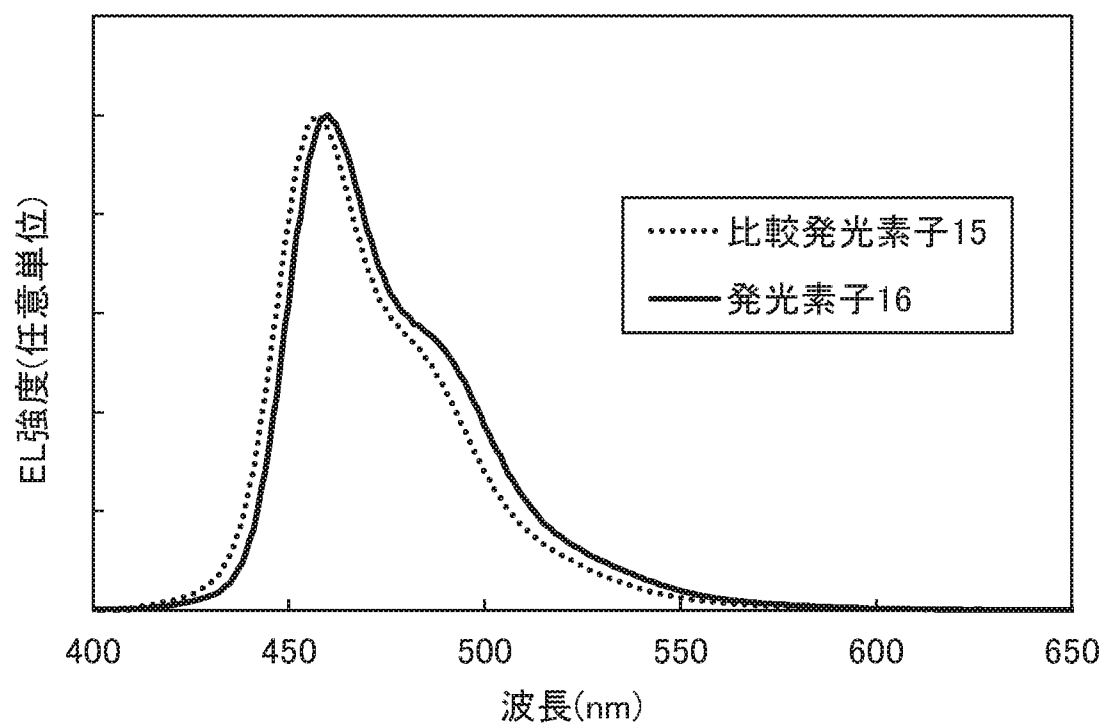


[図65]

49/66

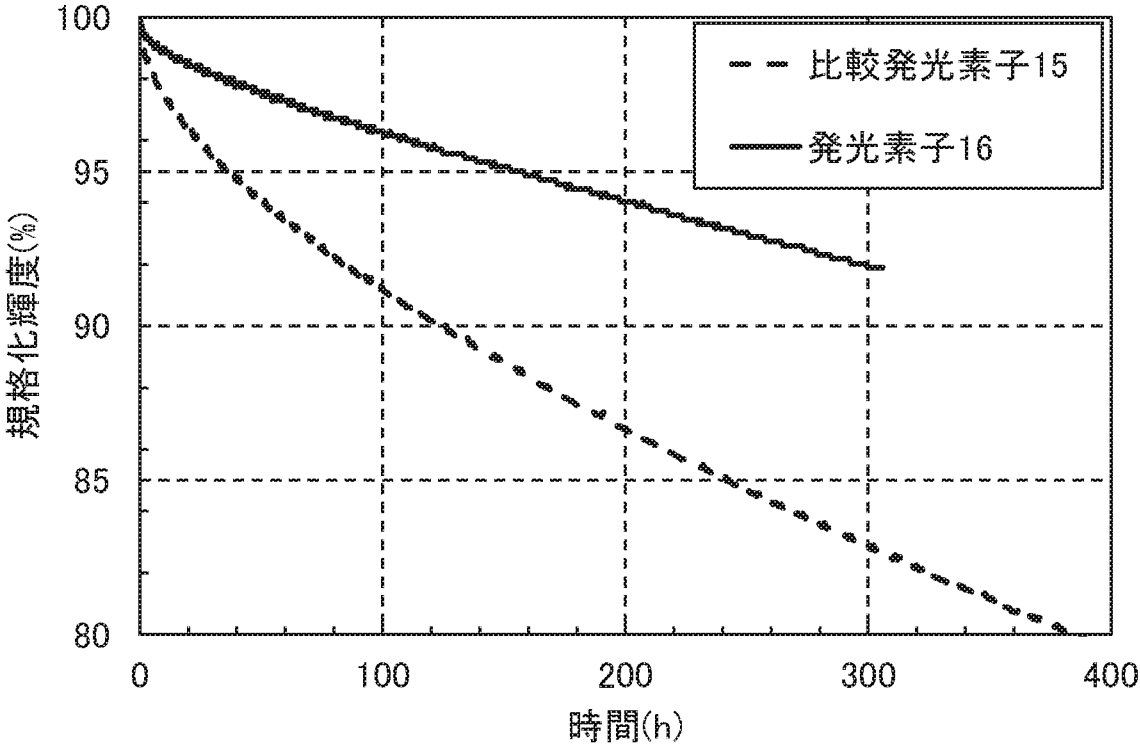


[図66]

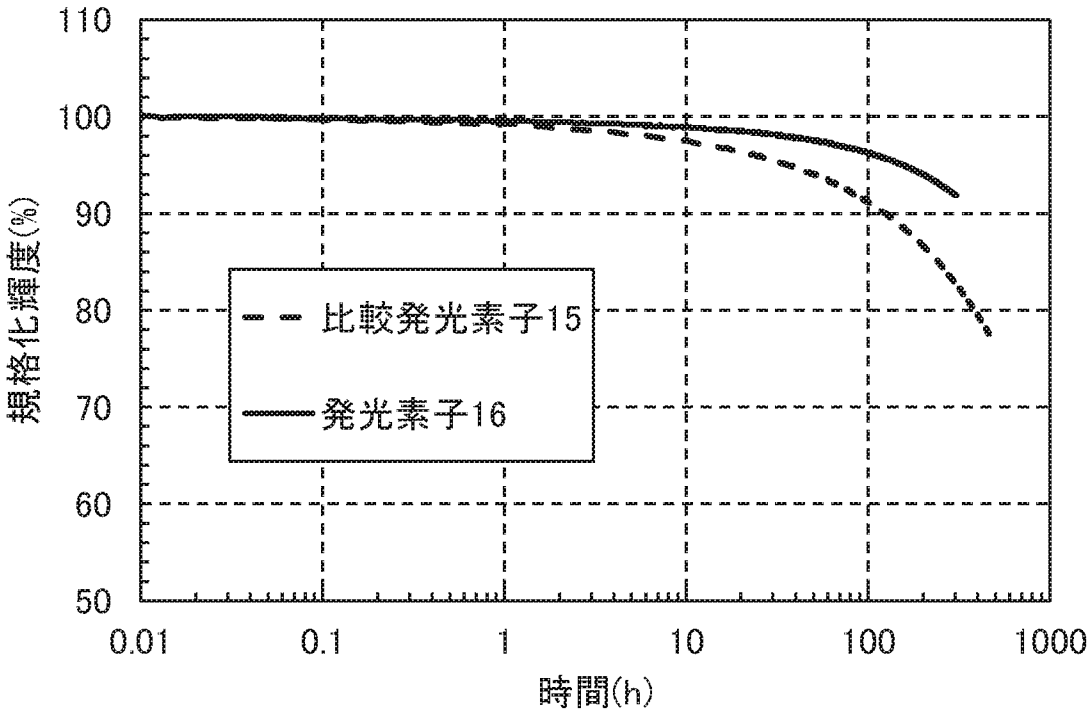


[図67]  
(A)

50/66



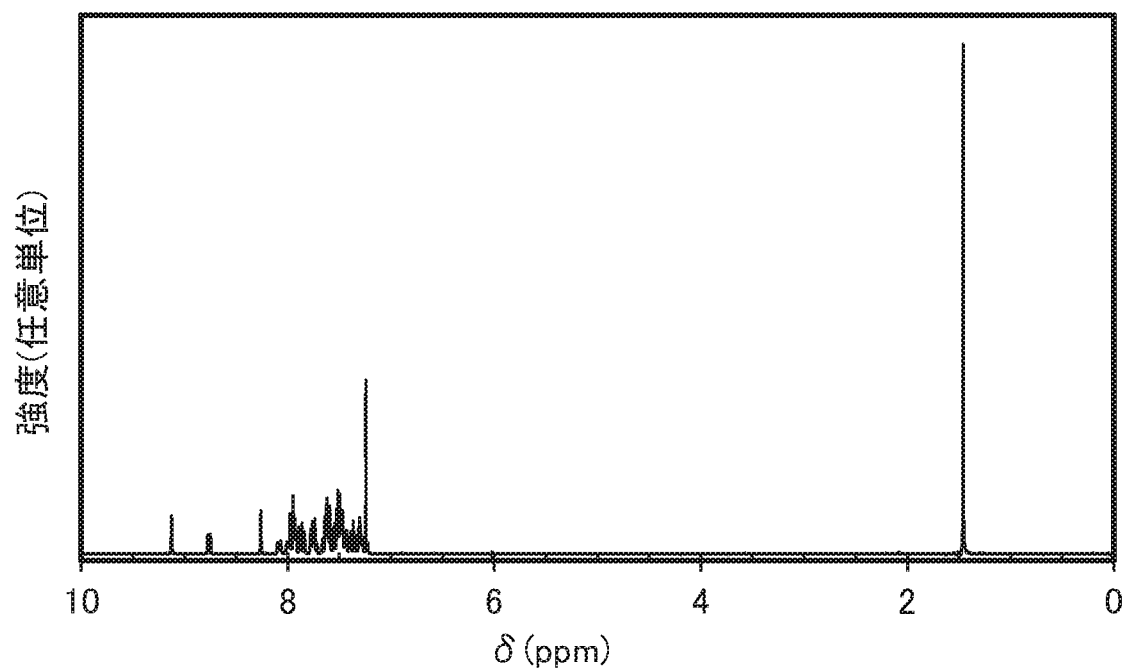
(B)



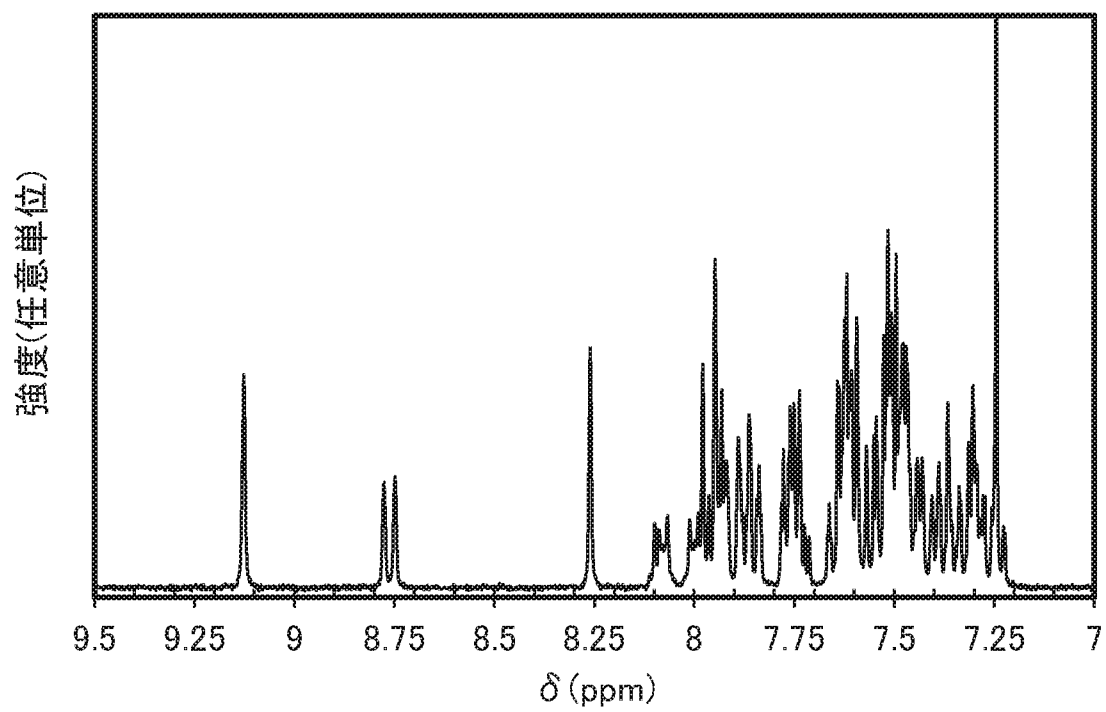
[ 図 68 ]

51/66

(A)

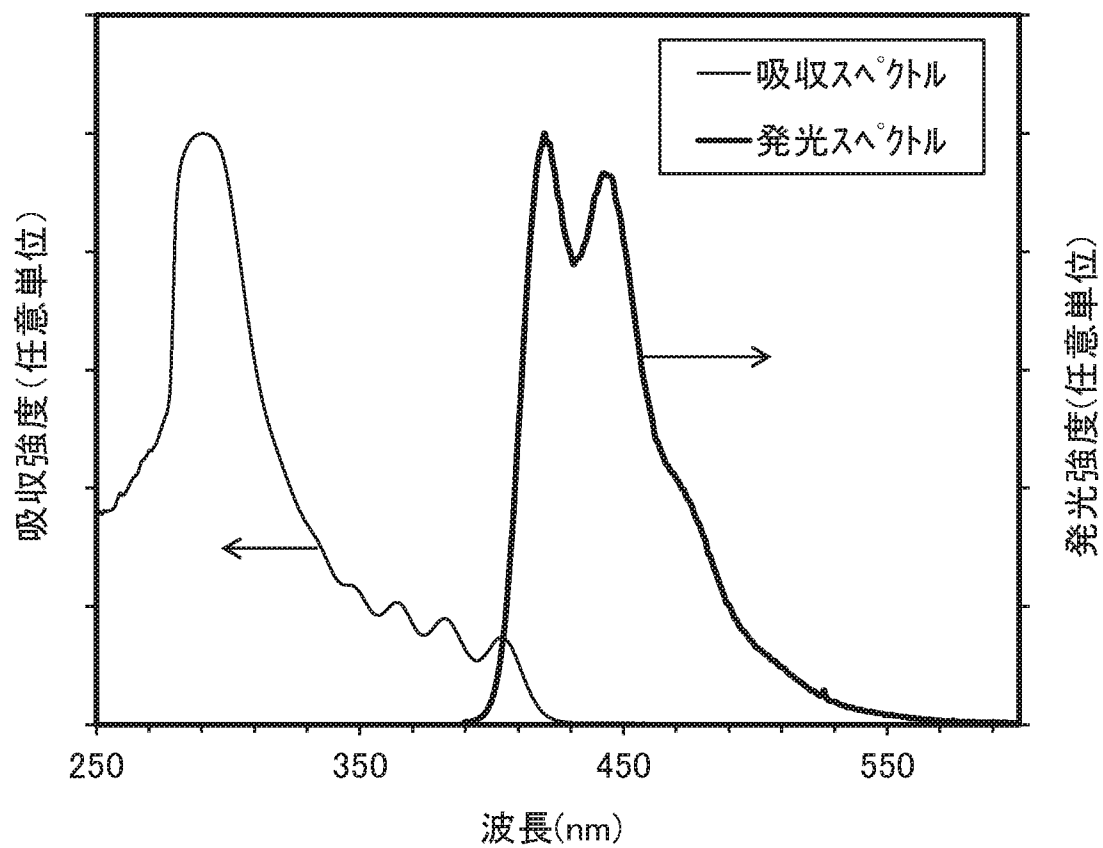


(B)



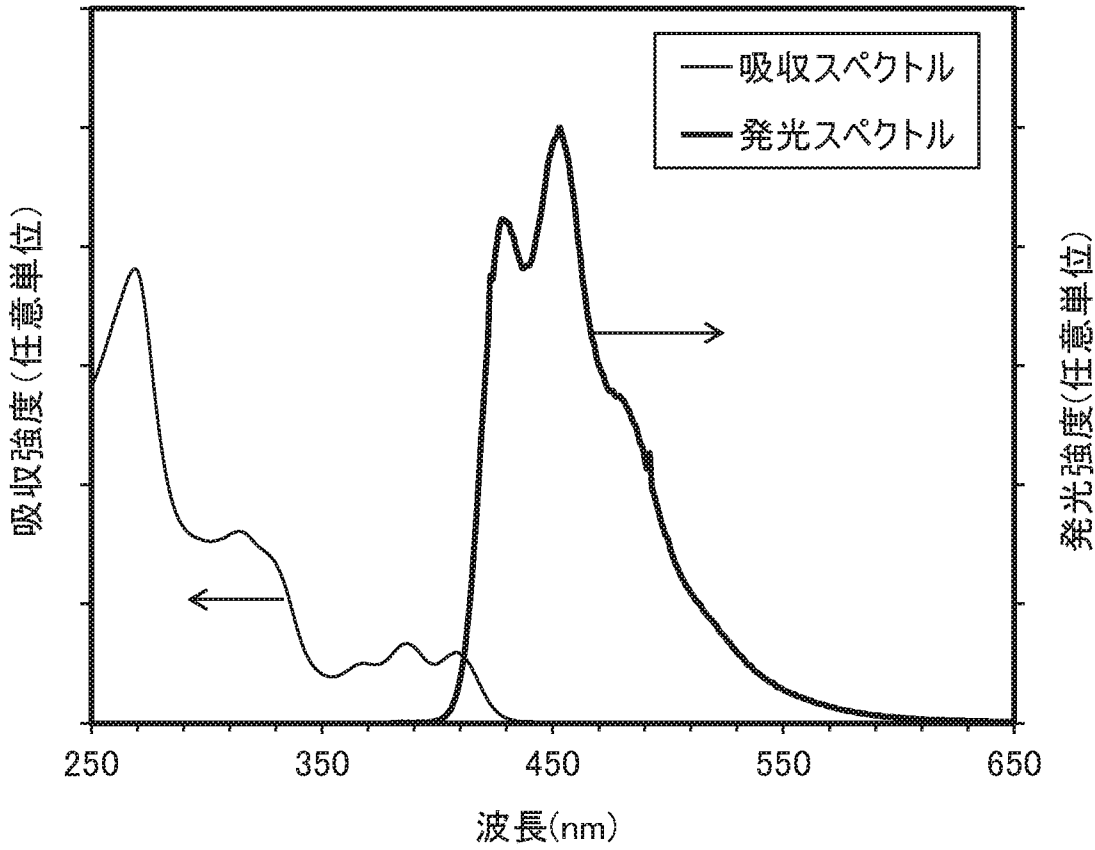
[図69]

52/66



[図 70]

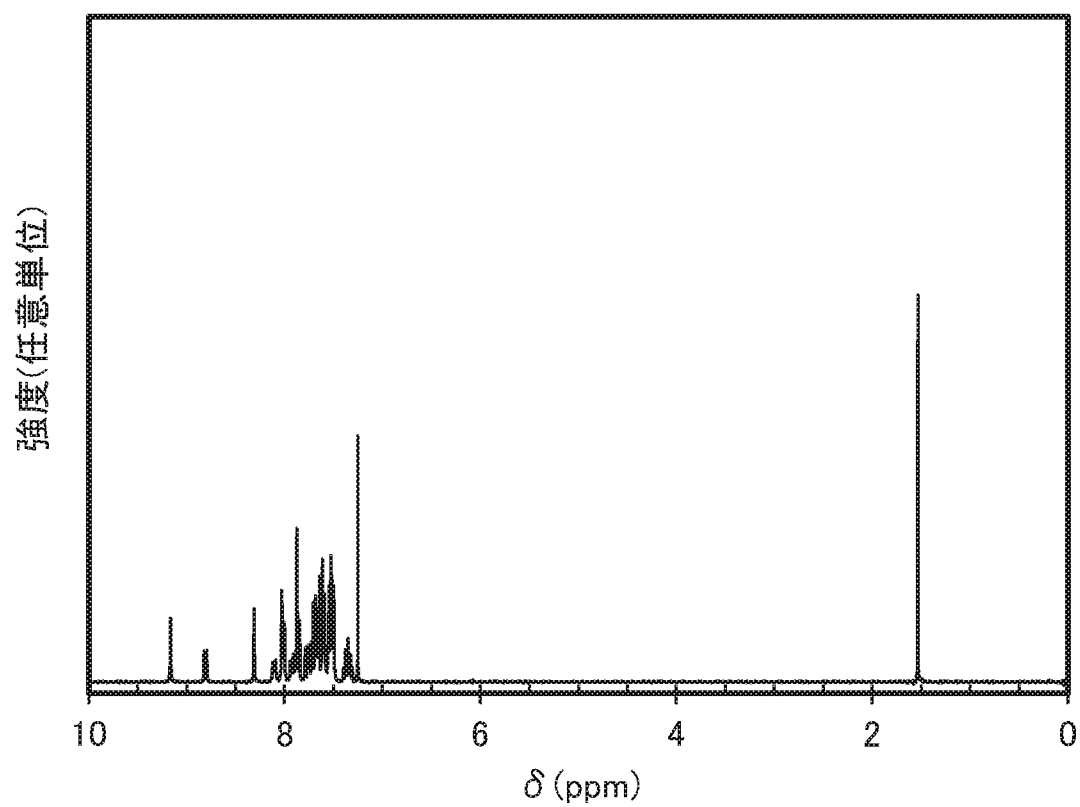
53/66



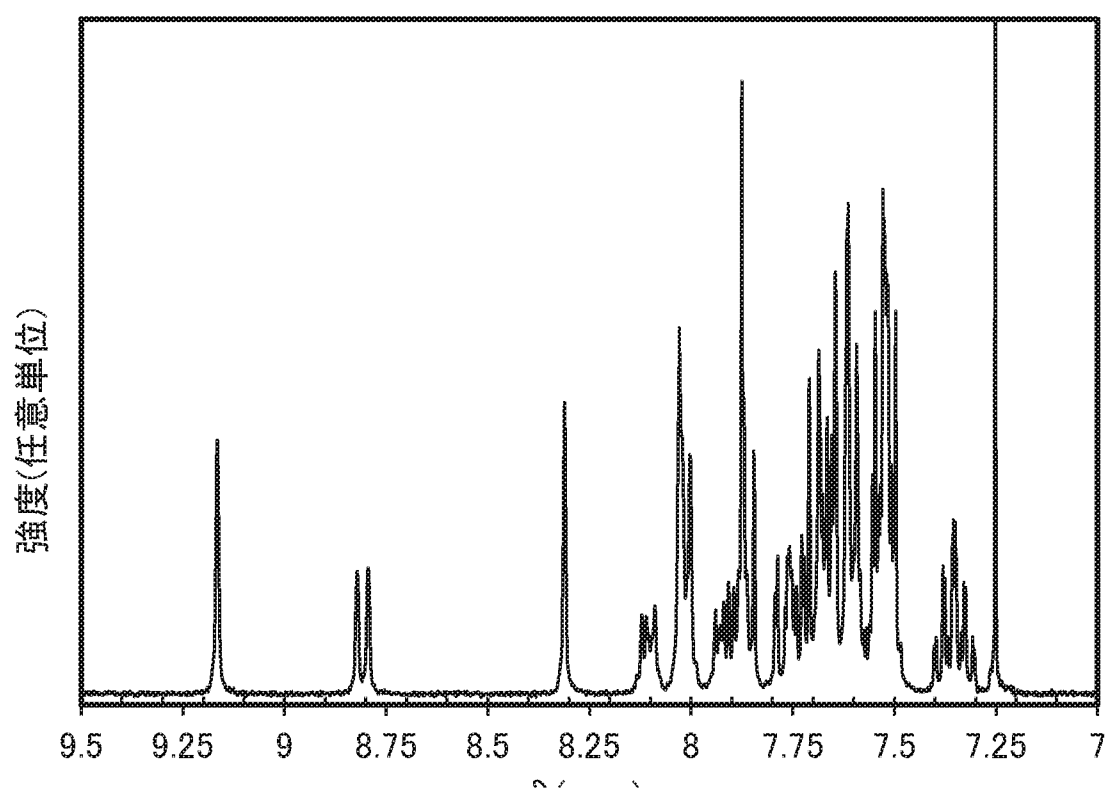
[図 71]

54/66

(A)

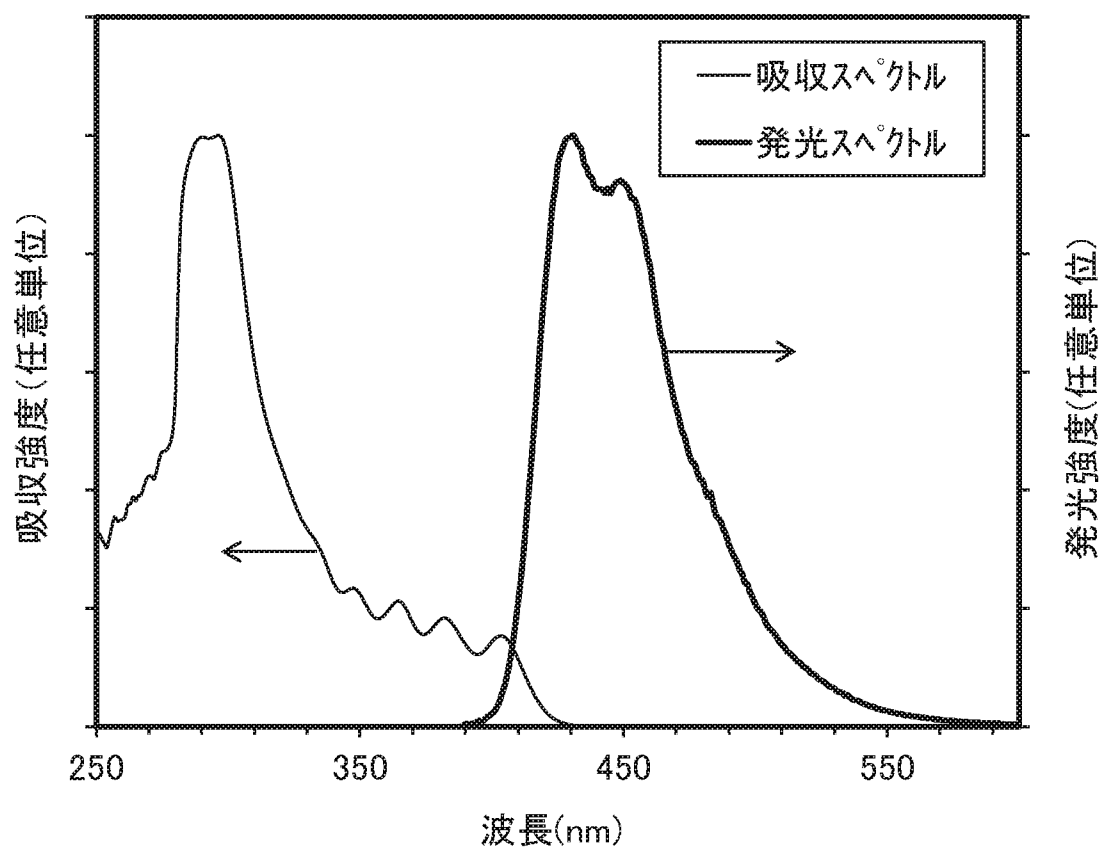


(B)



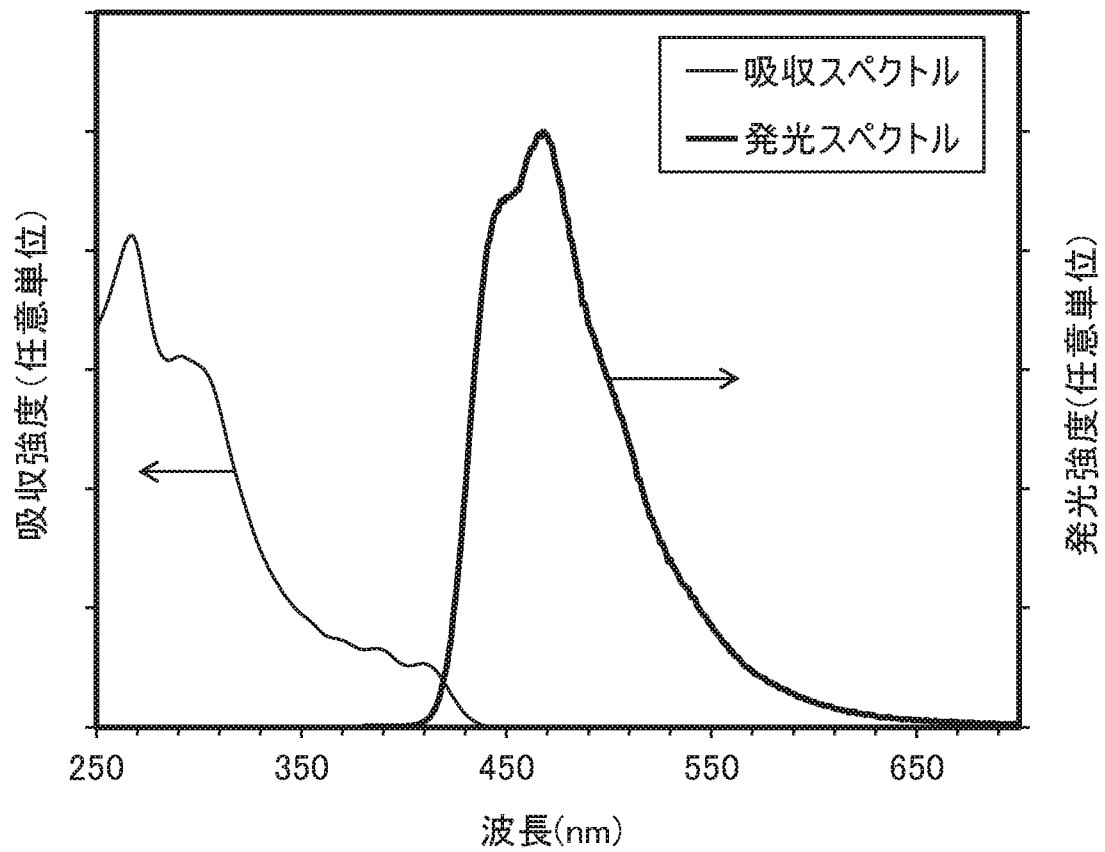
[図72]

55/66



[図73]

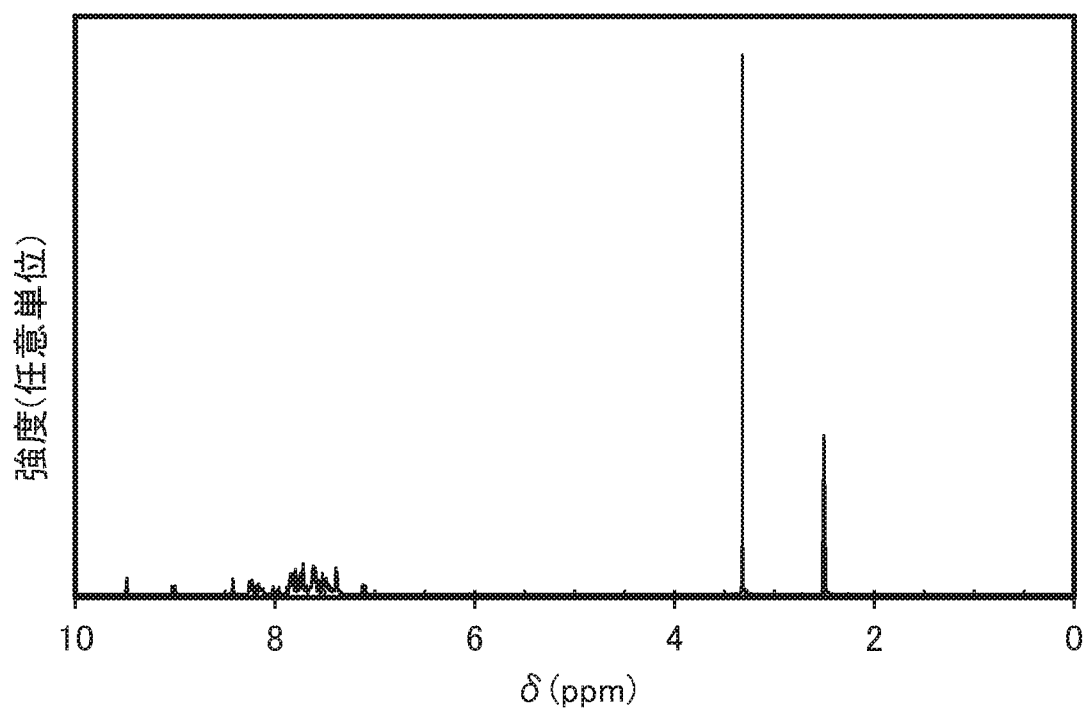
56/66



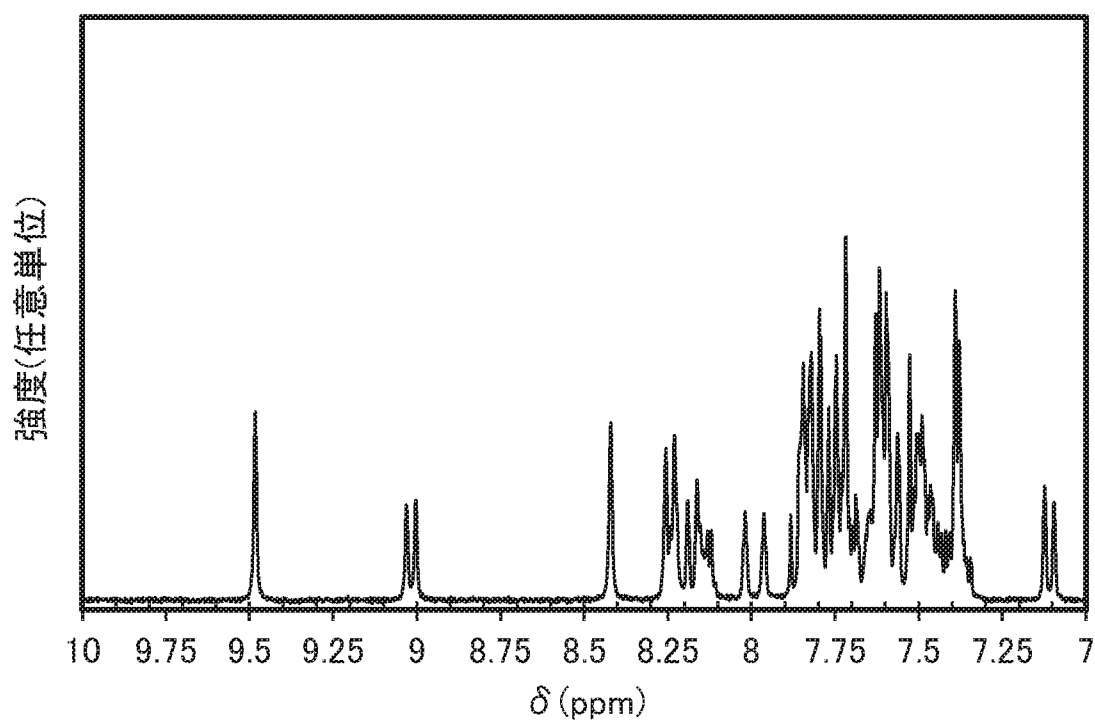
[図 74]

57/66

(A)

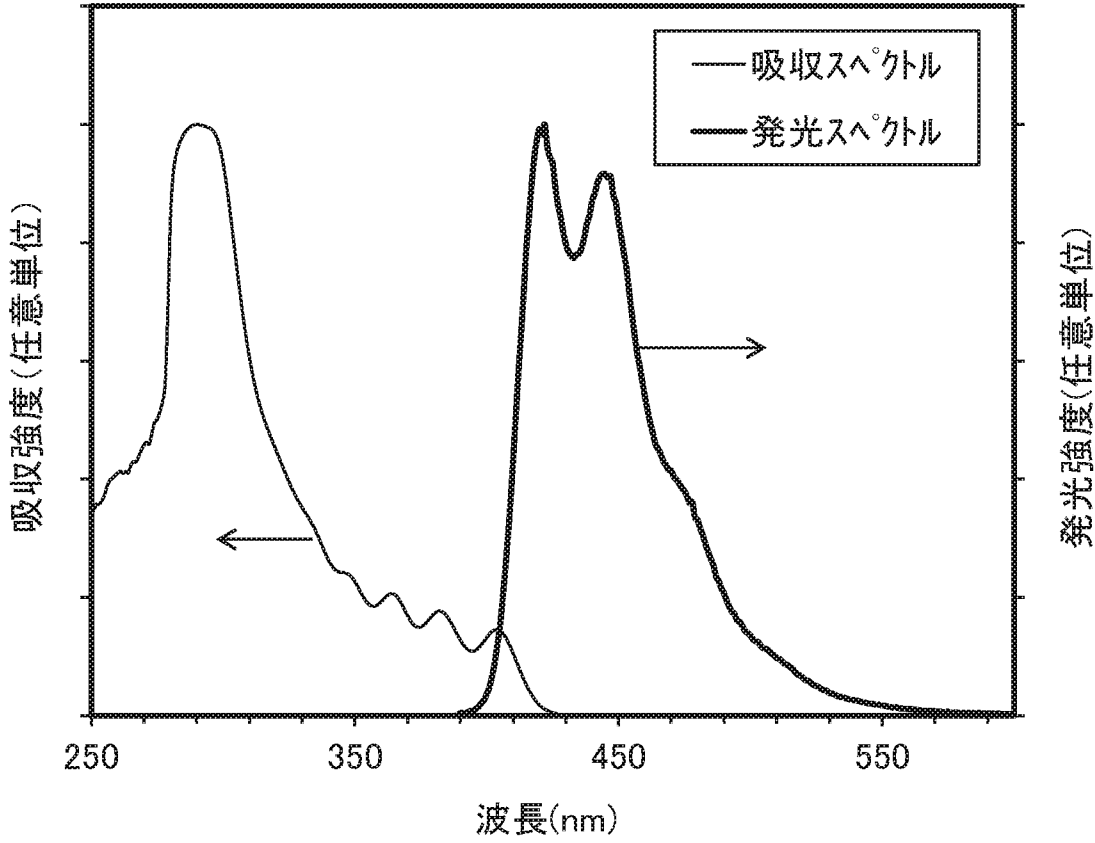


(B)



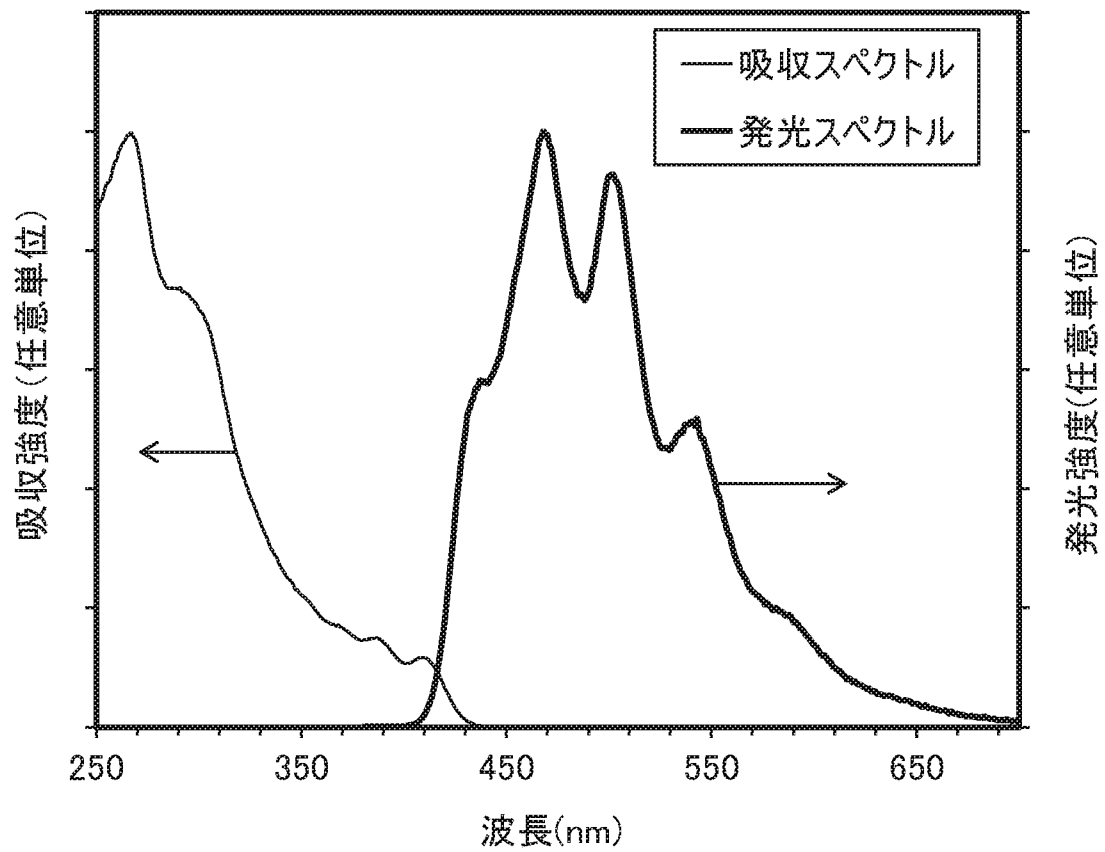
[図75]

58/66



[図 76]

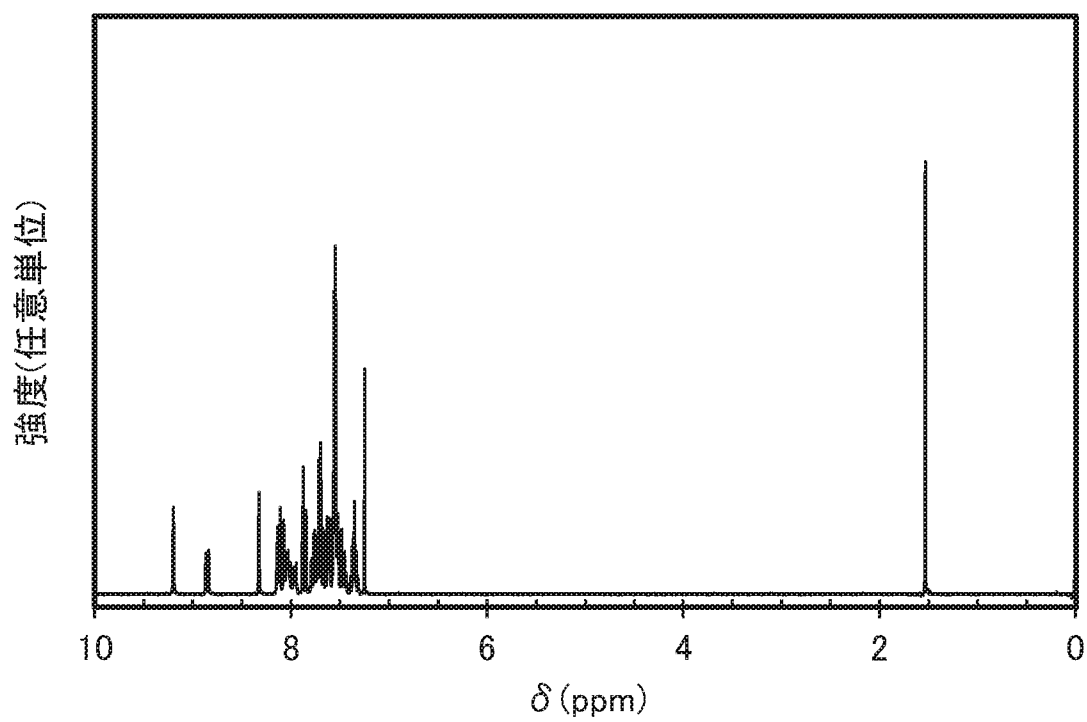
59/66



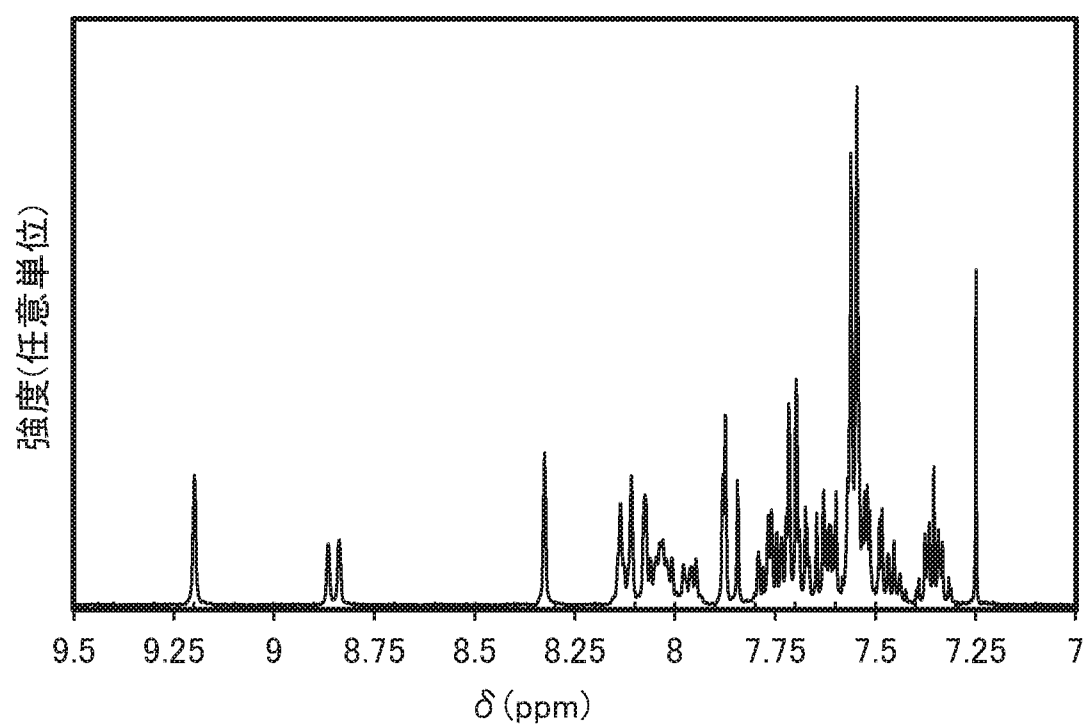
[ 図 77 ]

60/66

(A)

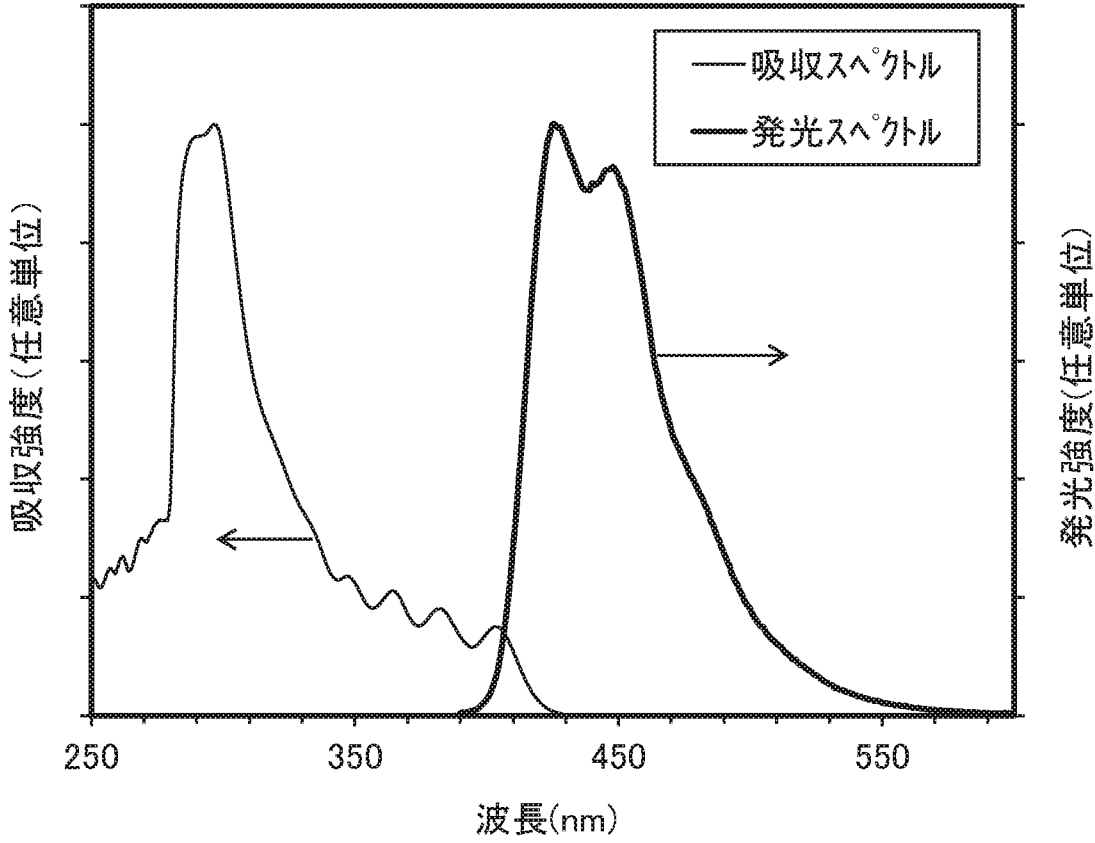


(B)



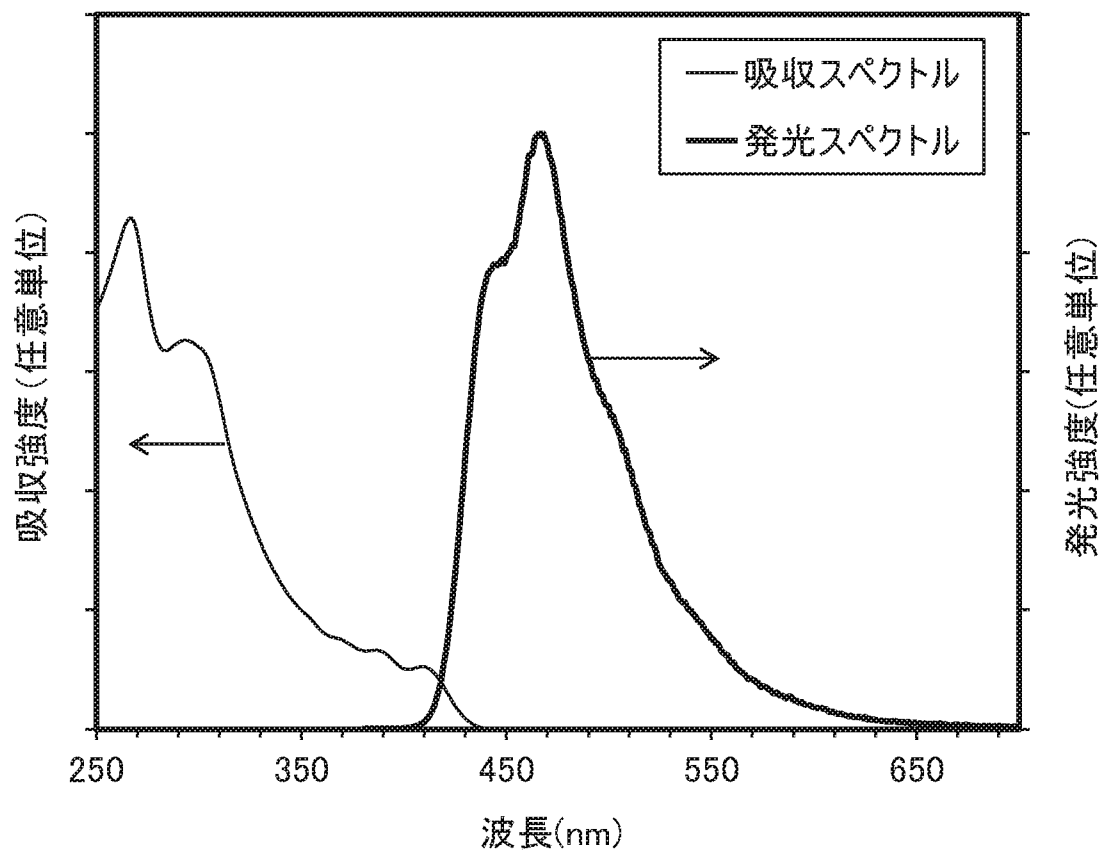
[図78]

61/66



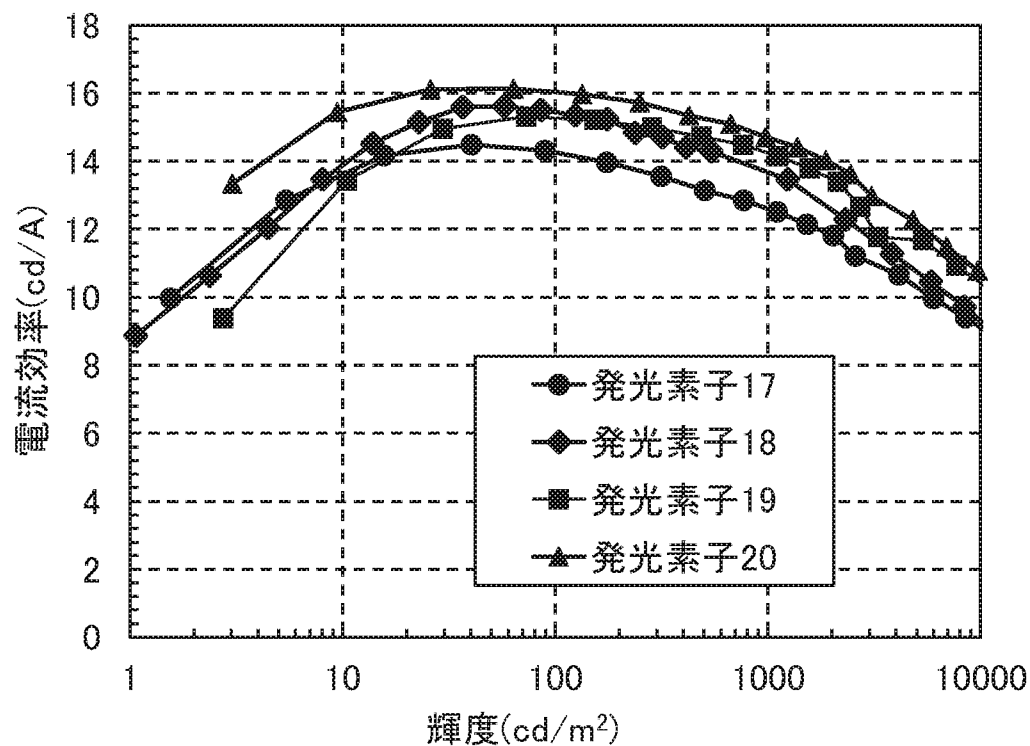
[図79]

62/66

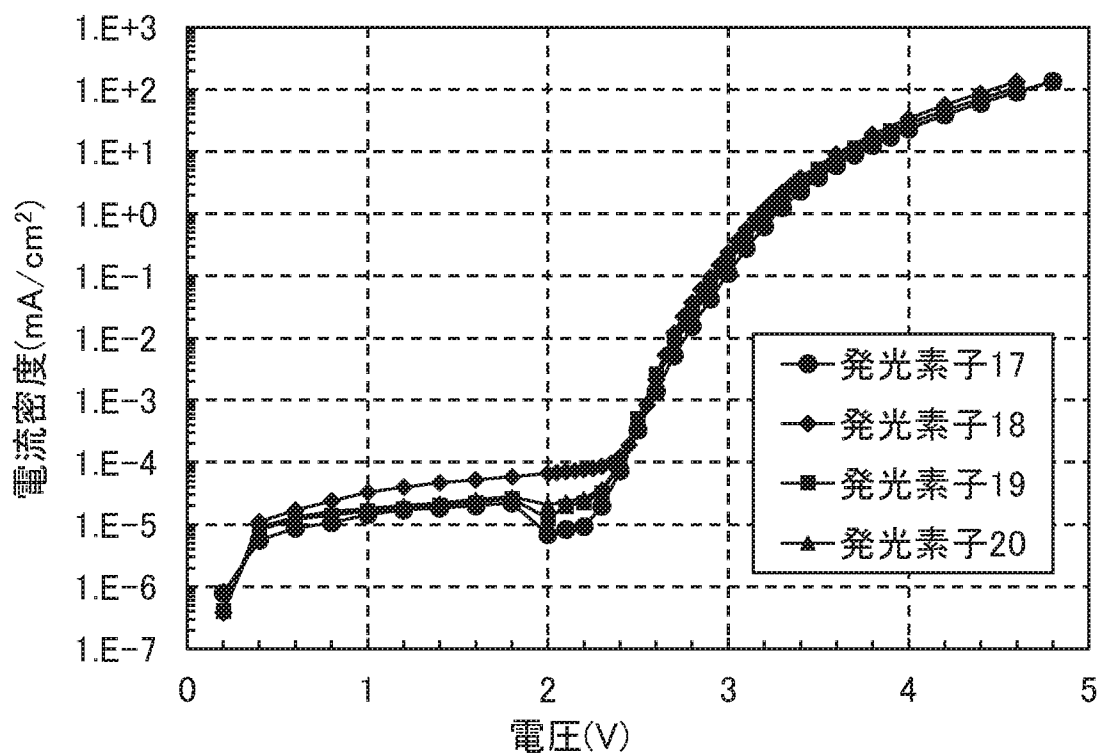


[図80]

63/66

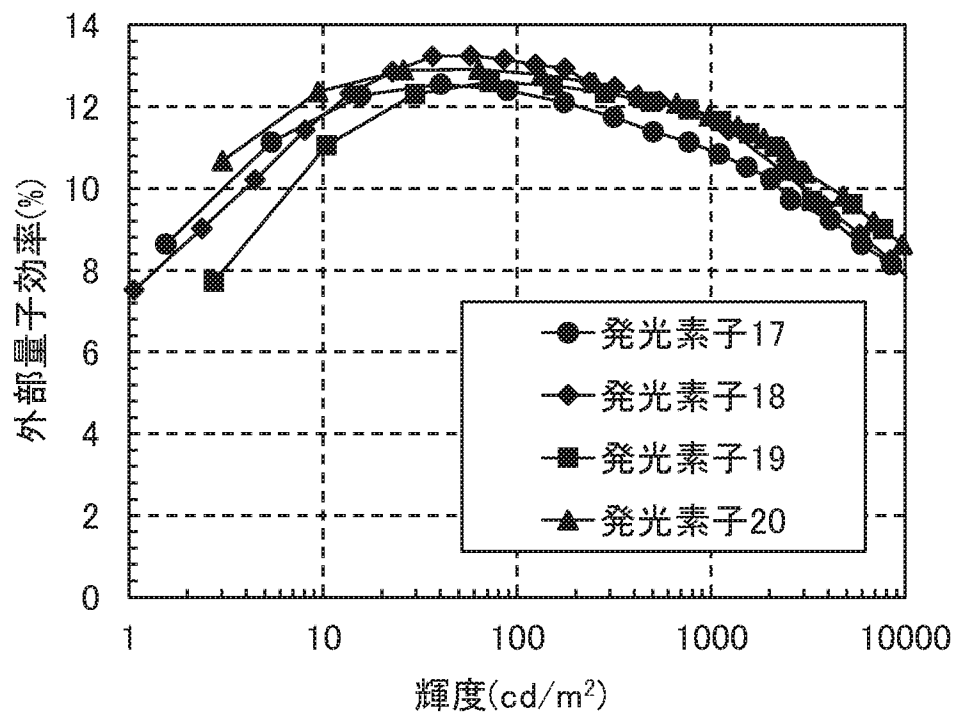


[図81]

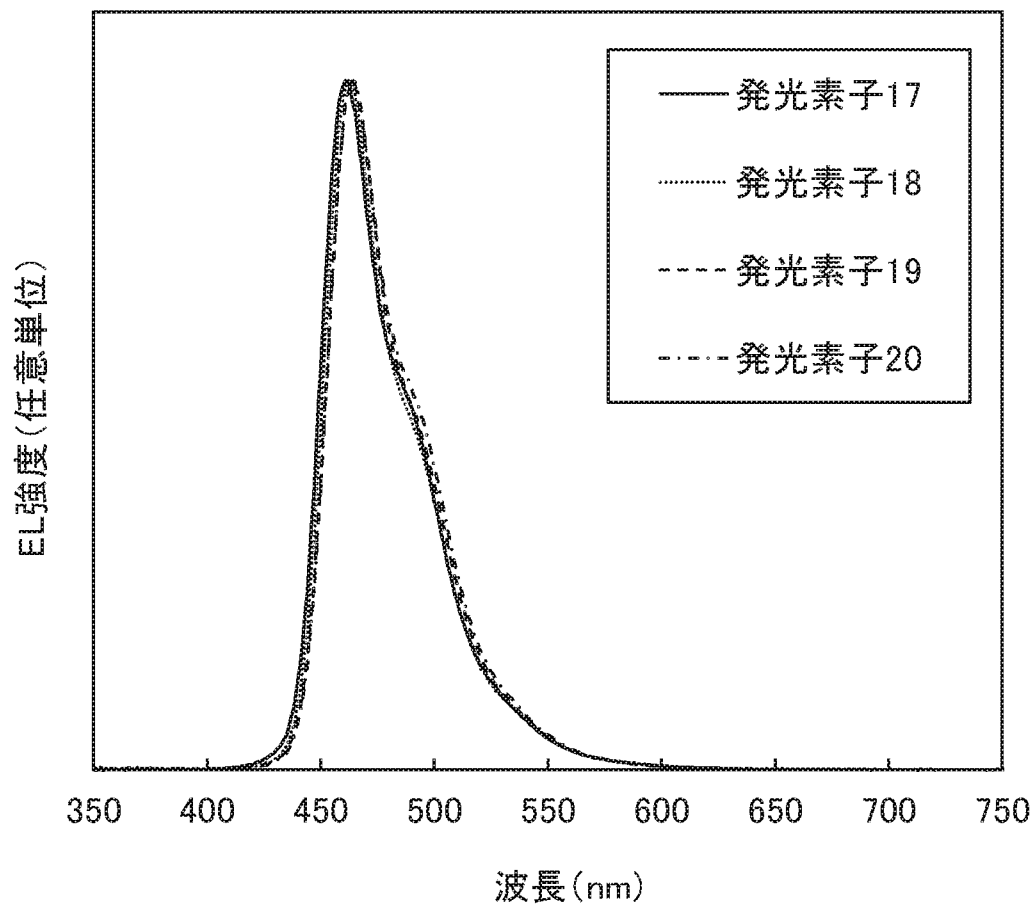


[図82]

64/66

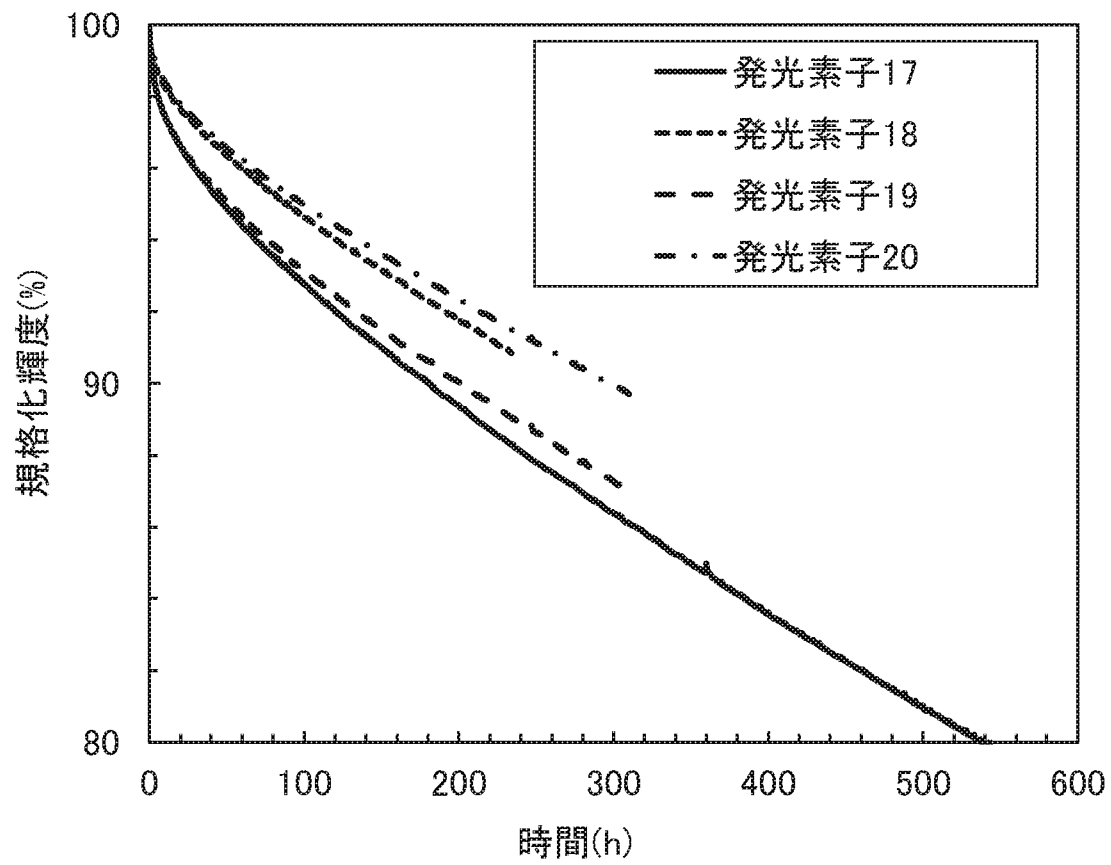


[図83]



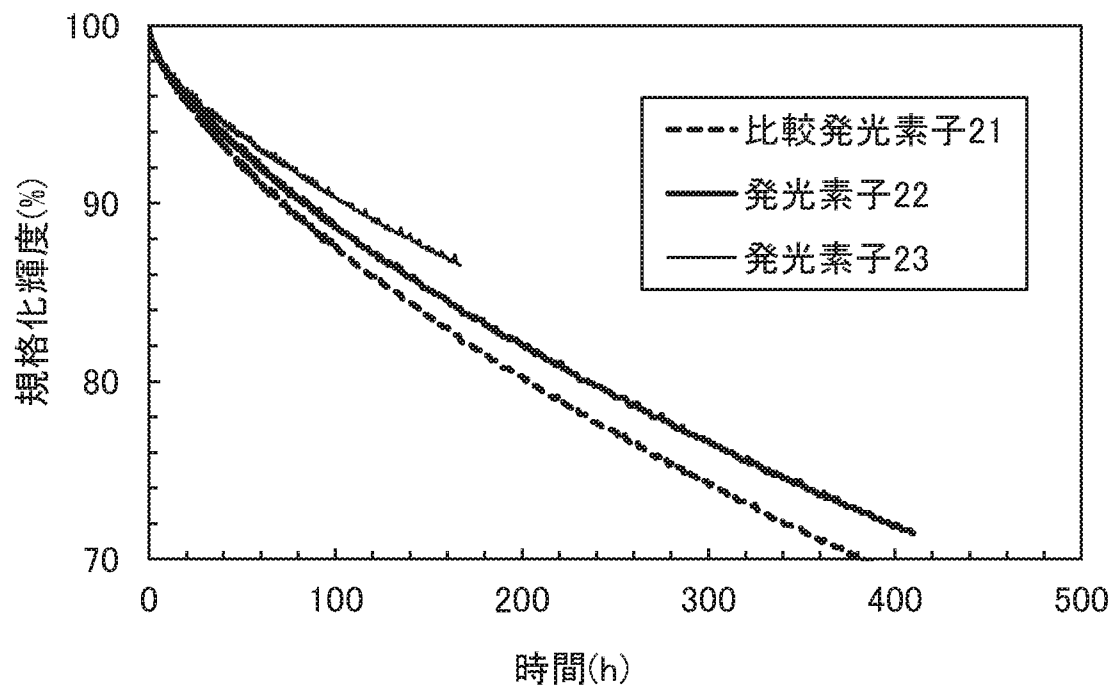
[図84]

65/66



[図85]

66/66



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IB2019/054218

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. C07C15/38(2006.01)i, F21S2/00(2016.01)i, H01L51/50(2006.01)i, H05B33/12(2006.01)i, F21Y115/15(2016.01)n

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. C07C15/38, F21S2/00, H01L51/50, H05B33/12, F21Y115/15

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 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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<br>Y    | JP 2017-514807 A (MERCK PATENT GMBH) 08 June 2017, claims, examples, etc., paragraph [0068] & US 2017/0125686 A1, claims, examples, paragraph [0075] & WO 2015/158409 A1 & EP 3132476 A1 & TW 201604170 A & CN 106170476 A & KR 10-2016-0146826 A | 1-3, 5-7, 9-14<br>11  |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20.08.2019

Date of mailing of the international search report

27.08.2019

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/IB2019/054218

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Relevant to claim No. |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X<br>Y    | JP 2010-528070 A (MERCK PATENT GMBH) 19 August 2010, claims, examples, paragraph [0034] & JP 5384482 B2 & US 2010/0187505 A1, claims, examples, paragraph [0042] & WO 2008/145239 A2 & EP 2148909 A1 & DE 102007024850 A & KR 10-2009-0020542 A & CN 101679855 A & TW 200914576 A                                                                                       | 1-4, 9-14<br>11       |
| Y         | JP 2013-232521 A (UDC IRELAND LIMITED) 14 November 2013, claims, examples, etc.<br>(Family: none)                                                                                                                                                                                                                                                                       | 11                    |
| Y         | JP 2015-42636 A (SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY CO., LTD.) 05 March 2015, claims, examples, etc. & JP 2015-181169 A & JP 2018-65791 A & US 2015/0031900 A1, claims, examples & US 2015/0329514 A1 & US 2017/0229648 A1 & US 2016/0166591 A1 & WO 2015/011614 A1 & KR 10-2016-0034937 A & CN 105683173 A & KR 10-2017-0134793 A & CN 108101875 A & KR 10-2019-0040106 A | 11                    |
| A         | JP 2013-521670 A (MERCK PATENT GMBH) 10 June 2013, claims, examples, etc. & US 2012/0326602 A1 & WO 2011/110276 A1 & DE 102010010631 A & DE 112011100832 A                                                                                                                                                                                                              | 1-14                  |

## A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. C07C15/38(2006.01)i, F21S2/00(2016.01)i, H01L51/50(2006.01)i, H05B33/12(2006.01)i, F21Y115/15(2016.01)n

## 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. C07C15/38, F21S2/00, H01L51/50, H05B33/12, F21Y115/15

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 | 1971-2019年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2019年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2019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<br>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<br>請求項の番号       |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| X<br>Y          | JP 2017-514807 A（メルク、パテント、ゲゼルシャフト、ミット、ベシュレンクテル、ハフツング）2017.06.08, 特許請求の範囲、実施例等、段落0068<br>& US 2017/0125686 A1, Claims, Examples, [0075]<br>& WO 2015/158409 A1 & EP 3132476 A1 & TW 201604170 A<br>& CN 106170476 A & KR 10-2016-0146826 A | 1-3, 5-7, 9-14<br>11 |

☑ 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

20.08.2019

国際調査報告の発送日

27.08.2019

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）

高橋 直子

電話番号 03-3581-1101 内線 3443

4H

4507

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                 |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号  |
| X<br>Y                | JP 2010-528070 A (メルク パテント ゲーエムベーハー)<br>2010.08.19, 特許請求の範囲、実施例、段落 0034<br>& JP 5384482 B2 & US 2010/0187505 A1, Claims, Examples, [0042]<br>& WO 2008/145239 A2 & EP 2148909 A1 & DE 102007024850 A<br>& KR 10-2009-0020542 A & CN 101679855 A & TW 200914576 A                                                                                  | 1-4, 9-14<br>11 |
| Y                     | JP 2013-232521 A (ユー・ディー・シー アイルランド リミテッ<br>ド) 2013.11.14, 特許請求の範囲、実施例等 (ファミリーなし)                                                                                                                                                                                                                                                                  | 11              |
| Y                     | JP 2015-42636 A (株式会社半導体エネルギー研究所) 2015.03.05,<br>特許請求の範囲、実施例等<br>& JP 2015-181169 A & JP 2018-65791 A & US 2015/0031900 A1, Claims,<br>Examples & US 2015/0329514 A1 & US 2017/0229648 A1<br>& US 2016/0166591 A1 & WO 2015/011614 A1<br>& KR 10-2016-0034937 A & CN 105683173 A & KR10-2017-0134793 A<br>& CN 108101875 A & KR 10-2019-0040106 A | 11              |
| A                     | JP 2013-521670 A (メルク パテント ゲーエムベーハー)<br>2013.06.10, 特許請求の範囲、実施例等<br>& US 2012/0326602 A1 & WO 2011/110276 A1 & DE 102010010631 A<br>& DE 112011100832 A                                                                                                                                                                                           | 1-14            |