

(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
2018年8月30日(30.08.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/154467 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 51/50 (2006.01) *C07F 15/00* (2006.01)
C09K 11/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/IB2018/051083
- (22) 国際出願日: 2018年2月22日(22.02.2018)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2017-033767 2017年2月24日(24.02.2017) JP
- (71) 出願人: 株式会社半導体エネルギー研究所
(SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY
CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2430036 神奈川県厚木
市長谷 3 9 8 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 山崎 舜平 (YAMAZAKI, Shunpei);
〒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

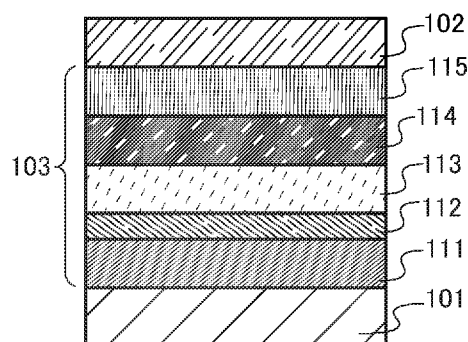
(JP). 瀬尾 哲史 (SEO, Satoshi); 〒2430036 神奈
川県厚木市長谷 3 9 8 株式会社半導体エ
ネルギー研究所内 Kanagawa (JP). 吉住 英子
(YOSHIZUMI, Hideko); 〒2430036 神奈川県厚
木市長谷 3 9 8 株式会社半導体エネルギー研
究所内 Kanagawa (JP). 山口 知也 (YAMAGUCHI,
Tomoya); 〒2430036 神奈川県厚木市長谷 3 9
8 株式会社半導体エネルギー研究所内 Kanagawa
(JP). 木戸 裕允 (KIDO, Hiromitsu); 〒2430036
神奈川県厚木市長谷 3 9 8 株式会社半導体
エネルギー研究所内 Kanagawa (JP). 渡部 剛吉
(WATABE, Takeyoshi); 〒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). 富田 藍莉 (TOMIDA,
Airi); 〒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). 福田 桂都 (FUKUDA, Keito); 〒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).

(54) Title: MATERIAL FOR LUMINESCENT ELEMENT, LUMINESCENT ELEMENT, LUMINESCENT DEVICE, ELECTRONIC APPARATUS, ILLUMINATION DEVICE AND ORGANIC METAL COMPLEX

(54) 発明の名称: 発光素子用材料、発光素子、発光装置、電子機器、照明装置および有機金属錯体

[図 2]

(A)



(57) Abstract: A new material for a luminescent element is provided. Alternatively, a material for a luminescent element, enabling a simplified process for the production of a luminescent element, is provided. Alternatively, a material for a luminescent element, enabling a cost reduction for the production of a luminescent element, is provided. Alternatively, in one embodiment of the present invention, a material for a luminescent element, that makes it possible to obtain a luminescent element with good luminous efficacy, is provided. The material for a luminescent element has, in one molecule, a first skeleton having carrier transmitting properties and a second skeleton having light emission properties, and contains an organic compound having a molecular weight of 3000 or less.

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

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

(57) 要約: 要約書 新規な発光素子用材料を提供する。または、発光素子を作製するための工程を簡便にすることが可能な発光素子用材料を提供する。または、発光素子を作製するためのコストを低減することが可能な発光素子用材料を提供する。または、本発明の一態様では、発光効率が良好な発光素子を実現することが可能な発光素子用材料を提供する。キャリア輸送性を有する第1の骨格と、発光性を有する第2の骨格とを一分子内に有し、分子量が3000以下である有機化合物を含む発光素子用材料を提供する。

明細書

発明の名称

発光素子用材料、発光素子、発光装置、電子機器、照明装置および有機金属錯体

技術分野

[0001]

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

背景技術

[0002]

有機化合物を用いたエレクトロルミネッセンス（EL：Electroluminescence）を利用する発光素子（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。

[0003]

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として用いると、液晶ディスプレイに比べ視認性が高く、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。

[0004]

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ため、照明等に応用できる面光源としての利用価値も高い。

[0005]

このように発光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適用好適であるが、より良好な効率、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。

[0006]

有機EL素子は、様々な機能をそれぞれ異なる層や材料に担わせる、いわゆる機能分離が進められたことによって大きく発展した。しかし、それにより素子の特性は飛躍的に向上したものの、積層される層の数は増え、共蒸着のレートの制御なども必要となり、素子の作製工程は非常に煩雑化することとなった。その結果として、製造装置の長大化、製造タクトの増大、ひいては製造コストの大幅な増加を招いている。

[0007]

特許文献1には、イリジウムを中心金属としてキャリア輸送骨格を有する dendritic について開示されている。

[先行技術文献]

[特許文献]

[0008]

[特許文献1] 特開2003-231692号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009]

そこで、本発明の一態様では、新規な発光素子用材料を提供することを目的とする。または、本発明の一態様では、発光素子を作製するための工程を簡便にすることが可能な発光素子用材料を提供することを目的とする。または、本発明の一態様では、発光素子を作製するためのコストを低減することが可能な発光素子用材料を提供することを目的とする。または、本発明の一態様では、発光効率が良好な発光素子を実現することが可能な発光素子用材料を提供することを目的とする。または、本発明の一態様では、寿命の良好な発光素子を提供することが可能な発光素子用材料を提供することを目的とする。

[0010]

または、本発明の一態様では、簡便に製造することが可能な発光素子を提供することを目的とする。または、本発明の一態様では、安価に製造することが可能な発光素子を提供することを目的とする。または、本発明の一態様は、発光効率の良好な発光素子を提供することを目的とする。または、本発明の一態様では、寿命の長い発光素子を提供することを目的とする。

[0011]

または、本発明の他の一態様では、安価な発光装置、電子機器および表示装置を各々提供することを目的とする。または、信頼性の高い発光装置、電子機器及び表示装置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装置、電子機器及び表示装置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、表示品質の良好な発光装置、電子機器および表示装置を各々提供することを課題とする。

[0012]

本発明は上述の課題のうちいずれか一を解決すればよいものとする。

課題を解決するための手段

[0013]

本発明の一態様は、キャリア輸送性を有する第1の骨格と、発光性を有する第2の骨格とを一分子内に有し、分子量が3000以下である有機化合物を含む発光素子用材料である。

[0014]

または、本発明の他の一態様は、前記第1の骨格が正孔輸送性を有し且つ、上記構成を有する発光素子用材料である。

[0015]

または、本発明の他の一態様は、前記第1の骨格がHOMOを有し且つ、上記構成を有する記載の発光素子用材料である。

[0016]

または、本発明の他の一態様は、前記第1の骨格が電子輸送性を有し且つ、上記構成を有する発光素子用材料である。

[0017]

または、本発明の他の一態様は、前記第1の骨格がLUMOを有し且つ、上記構成を有する発光素子用材料である。

[0018]

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記第1の骨格が、前記第2の骨格に直接結合している発光素子用材料である。

[0019]

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記第1の骨格と前記第2の骨格が、メタフェニレン基もしくはビフェニルー3, 3'-ジイル基で連結されている発光素子用材料である。

[0020]

または、本発明の他の構成は、正孔輸送性を有する第1の骨格と、電子輸送性を有する第2の骨格と、発光性を有する第3の骨格とを一分子内に有し、分子量が3000以下である有機化合物を含む発光素子用材料である。

[0021]

または、本発明の他の一態様は、前記第1の骨格がHOMOを有し、且つ上記構成を有する発光素子用材料である。

[0022]

または、本発明の他の一態様は、前記第2の骨格がLUMOを有し、且つ上記構成を有する発光素子用材料である。

[0023]

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記第1の骨格および／または前記第2の骨格が、前記第3の骨格に直接結合している発光素子用材料である。

[0024]

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記第1の骨格および／または前記第2の骨格が、前記第3の骨格とメタフェニレン基もしくはビフェニルー3, 3'-ジイル基で連結されている発光素子用材料である。

[0025]

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記有機化合物が蛍光を発する発光素子用材料である。

[0026]

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記有機化合物が遅延蛍光を発する発光素子用材料である。

[0027]

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記有機化合物がりん光を発する発光素子用材料である。

[0028]

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記有機化合物がさらに中心金属を有する有機金属錯体である発光素子用材料である。

[0029]

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記中心金属がイリジウムである発光素子用材

料である。

[0030]

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記有機金属錯体における前記キャリア輸送性を有する第1の骨格がジフェニルトリアジン骨格である発光素子用材料である。

[0031]

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記有機金属錯体は少なくとも2つの異なる配位子を有し、一方の配位子は発光性の骨格を有し、他方の配位子は正孔輸送性の骨格を有する発光素子用材料である。

[0032]

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記有機金属錯体は少なくとも2つの異なる配位子を有し、一方の配位子は発光性の骨格を有し、他方の配位子は電子輸送性の骨格を有する発光素子用材料である。

[0033]

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記有機金属錯体は少なくとも2つの異なる配位子を有し、一方の配位子は正孔輸送性の骨格を有し、他方の配位子は電子輸送性の骨格を有し、前記2つの異なる配位子の少なくともいずれか一方は発光性の骨格をさらに有する発光素子用材料である。

[0034]

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記有機化合物または前記有機金属錯体の分子量が1300以下である発光素子用材料である。

[0035]

または、本発明の他の一態様は、上記構成における前記発光素子用材料が、蒸着法により成膜され、用いられた発光素子である。

[0036]

または、本発明の他の一態様は、上記構成のいずれか1における発光素子用材料が、湿式法により成膜され、用いられた発光素子である。

[0037]

または、本発明の他の一態様は、第1の有機化合物と、上記における発光素子用材料と、を含む発光層を有する発光素子であって、前記発光素子用材料に含まれる有機化合物がイリジウム錯体であり、前記イリジウム錯体の前記キャリア輸送性を有する第1の骨格と同じ構造が、前記第1の有機化合物の有する骨格の少なくとも一部に含まれる発光素子である。

[0038]

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記発光層が第2の有機化合物をさらに含む発光素子である。

[0039]

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記第1の骨格がアミン骨格である発光素子である。

[0040]

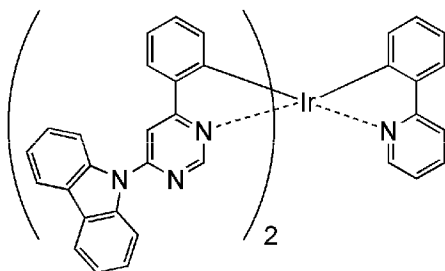
または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記第1の骨格がジフェニルアミン骨格である発光素子である。

[0041]

または、本発明の他の一態様は、下記構造式で表される有機金属錯体である。

[0042]

[化1]

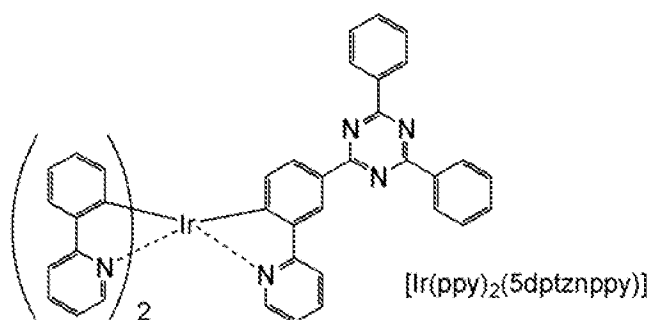


[0043]

または、本発明の他の一態様は、下記構造式で表される有機金属錯体である。

[0044]

[化2]

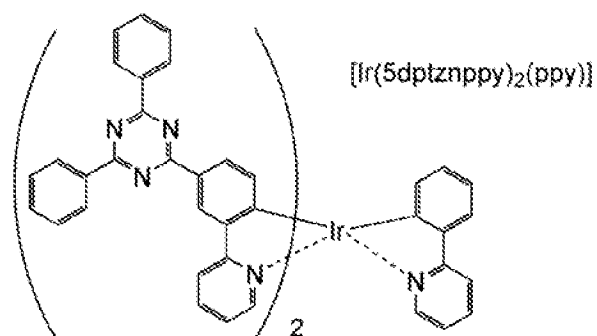


[0045]

または、本発明の他の一態様は、下記構造式で表される有機金属錯体である。

[0046]

[化3]

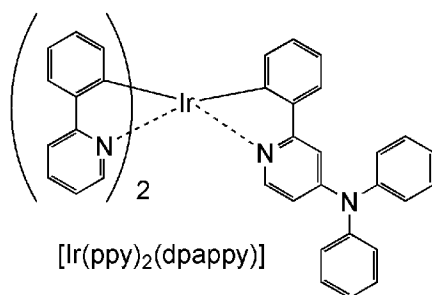


[0047]

または、本発明の他の一態様は、下記構造式で表される有機金属錯体である。

[0048]

[化 4]

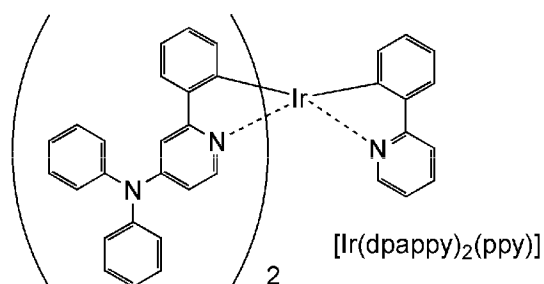


[0 0 4 9]

または、本発明の他の一態様は、下記構造式で表される有機金属錯体である。

[0 0 5 0]

[化 5]

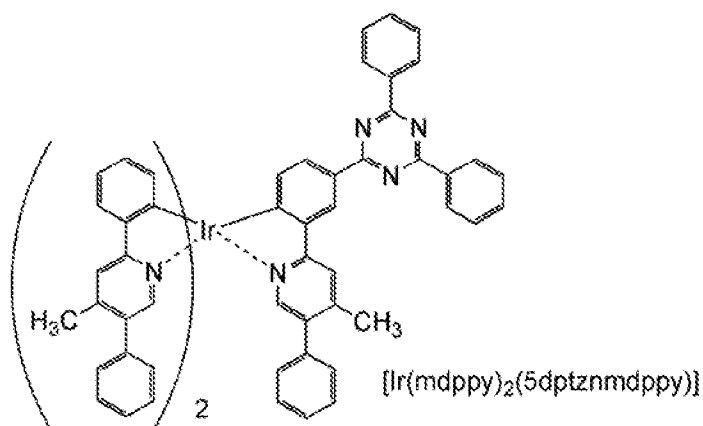


[0 0 5 1]

または、本発明の他の一態様は、下記構造式で表される有機金属錯体である。

[0 0 5 2]

[化 6]

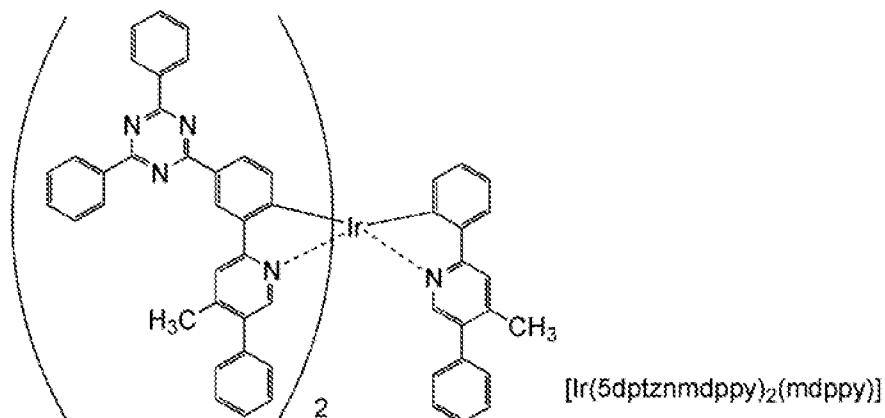


[0 0 5 3]

または、本発明の他の一態様は、下記構造式で表される有機金属錯体である。

[0 0 5 4]

[化 7]



[0055]

または、本発明の他の一態様は、上記構成を有する発光素子と、トランジスタ、または、基板と、を有する発光装置である。

[0056]

または、本発明の他の一態様は、上記記載の発光装置と、センサ、操作ボタン、スピーカ、または、マイクと、を有する電子機器である。

[0057]

または、本発明の他の一態様は、上記構成を有する発光装置と、筐体と、を有する照明装置である。

[0058]

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

発明の効果

[0059]

本発明の一態様では、新規な発光素子用材料を提供することができる。または、本発明の一態様では、発光素子を作製するための工程を簡便にすることが可能な発光素子用材料を提供することができる。または、本発明の一態様では、発光素子を作製するためのコストを低減することが可能な発光素子用材料を提供することができる。または、本発明の一態様では、発光効率が良好な発光素子を実現することが可能な発光素子用材料を提供することができる。または、本発明の一態様では、寿命の良好な発光素子を提供することが可能な発光素子用材料を提供することができる。

[0060]

または、本発明の一態様では、簡便に製造することが可能な発光素子を提供することができる。または、本発明の一態様では、安価に製造することが可能な発光素子を提供することができる。または、本発明の一態様は、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、本発明の一態様では、寿命の長い発光素子を提供することができる。

[0061]

または、本発明の他の一態様では、安価な発光装置、電子機器および表示装置を各々提供することが

できる。または、信頼性の高い発光装置、電子機器及び表示装置を各々提供することができる。または、本発明の他の一態様では、消費電力の小さい発光装置、電子機器及び表示装置を各々提供することができる。または、本発明の他の一態様では、表示品質の良好な発光装置、電子機器および表示装置を各々提供することができる。

[0062]

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

図面の簡単な説明

[0063]

- [図1] 本発明の発光素子用材料の概念図。
- [図2] 発光素子の概略図。
- [図3] 発光素子の作製方法の一例を表す図。
- [図4] 発光素子の作製方法の一例を表す図。
- [図5] アクティブマトリクス型発光装置の概念図。
- [図6] アクティブマトリクス型発光装置の概念図。
- [図7] アクティブマトリクス型発光装置の概念図。
- [図8] パッシブマトリクス型発光装置の概念図。
- [図9] 照明装置を表す図。
- [図10] 電子機器を表す図。
- [図11] 光源装置を表す図。
- [図12] 照明装置を表す図。
- [図13] 照明装置を表す図。
- [図14] 車載表示装置及び照明装置を表す図。
- [図15] 電子機器を表す図。
- [図16] 電子機器を表す図。
- [図17] $[Ir(ppy)_2(Czppy)]$ の ^1H -NMRスペクトル
- [図18] $[Ir(ppy)_2(Czppy)]$ の吸収スペクトル及び発光スペクトル
- [図19] $[Ir(ppy)(Czppy)_2]$ の ^1H -NMRスペクトル
- [図20] $[Ir(ppy)(Czppy)_2]$ の吸収スペクトル及び発光スペクトル
- [図21] 発光素子の素子構造の模式図。
- [図22] 発光素子1、発光素子2および比較発光素子1の輝度－電流密度特性。
- [図23] 発光素子1、発光素子2および比較発光素子1の輝度－電圧特性。
- [図24] 発光素子1、発光素子2および比較発光素子1の電流効率－輝度特性。
- [図25] 発光素子1、発光素子2および比較発光素子1の電流－電圧特性。
- [図26] 発光素子1、発光素子2および比較発光素子1の発光スペクトル。
- [図27] 発光素子3の輝度－電流密度特性。
- [図28] 発光素子3の電流効率－輝度特性。
- [図29] 発光素子3の輝度－電圧特性。

- [図 30] 発光素子 3 の電流－電圧特性。
- [図 31] 発光素子 3 の外部量子効率－輝度特性。
- [図 32] 発光素子 3 の発光スペクトル。
- [図 33] [I r (c z p p m)₂ (p p y)] の¹H－NMR スペクトル。
- [図 34] [I r (c z p p m)₂ (p p y)] の吸収スペクトルおよび発光スペクトル。
- [図 35] [I r (p p y)₂ (5 d p t z n p p y)] の¹H－NMR スペクトル。
- [図 36] [I r (p p y)₂ (5 d p t z n p p y)] の吸収スペクトルおよび発光スペクトル。
- [図 37] [I r (5 d p t z n p p y)₂ (p p y)] の¹H－NMR スペクトル。
- [図 38] [I r (5 d p t z n p p y)₂ (p p y)] の吸収スペクトルおよび発光スペクトル。
- [図 39] [I r (p p y)₂ (d p a p p y)] の¹H－NMR スペクトル。
- [図 40] [I r (p p y)₂ (d p a p p y)] の吸収スペクトルおよび発光スペクトル。
- [図 41] [I r (d p a p p y)₂ (p p y)] の¹H－NMR スペクトル。
- [図 42] [I r (d p a p p y)₂ (p p y)] の吸収スペクトルおよび発光スペクトル。
- [図 43] [I r (m d p p y)₂ (5 d p t z n m d p p y)] の¹H－NMR スペクトル。
- [図 44] [I r (m d p p y)₂ (5 d p t z n m d p p y)] の吸収スペクトルおよび発光スペクトル。
- [図 45] [I r (5 d p t z n m d p p y)₂ (m d p p y)] の¹H－NMR スペクトル。
- [図 46] [I r (5 d p t z n m d p p y)₂ (m d p p y)] の吸収スペクトルおよび発光スペクトル。
- [図 47] 発光素子 4 および比較発光素子 2 の輝度－電流密度特性。
- [図 48] 発光素子 4 および比較発光素子 2 の電流効率－輝度特性。
- [図 49] 発光素子 4 および比較発光素子 2 の輝度－電圧特性。
- [図 50] 発光素子 4 および比較発光素子 2 の電流－電圧特性。
- [図 51] 発光素子 4 および比較発光素子 2 の外部量子効率－輝度特性。
- [図 52] 発光素子 4 および比較発光素子 2 の発光スペクトル。
- [図 53] 発光素子 4 および比較発光素子 2 の規格化輝度－時間変化特性。
- [図 54] 発光素子 5 の輝度－電流密度特性。
- [図 55] 発光素子 5 の電流効率－輝度特性。
- [図 56] 発光素子 5 の輝度－電圧特性。
- [図 57] 発光素子 5 の電流－電圧特性。
- [図 58] 発光素子 5 の外部量子効率－輝度特性。
- [図 59] 発光素子 5 の発光スペクトル。
- [図 60] 計算結果を表す図。

発明を実施するための形態

[0064]

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

[0065]

(実施の形態 1)

有機EL素子の発光層は、ホスト材料であるキャリア輸送材料と、ゲスト材料である発光材料とを共蒸着することで混合しながら成膜する方法が主流となっている。共蒸着を行うためには、蒸着室の中に複数の蒸着源を備える必要がある。また、コンタミ防止の観点から長大な製造装置が必要となり、莫大な初期投資必要であることから、新規企業の参入に大きな障壁となっている。また、煩雑で冗長な製造工程は、製品コストの増加につながっていた。

[0066]

これを鑑み、本発明者らは、従来別々に蒸着を行っていたホスト材料であるキャリア輸送材料の機能と、ゲスト材料である発光材料の機能とを一分子内に同時に有する発光素子用材料を用いることで、素子の製造が容易となり、製造装置の簡略化に伴うコストの大幅な削減が可能であることを見出した。

[0067]

具体的には、図1(A)に示すように、キャリア輸送性を有する第1の骨格と、発光性を有する第2の骨格を一分子内に同時に有する発光材料を提供する。当該発光材料は分子量が3000以下であり、ポリマーではないが、溶解性を付与すれば溶媒に溶かして湿式法による成膜も可能である。

[0068]

当該発光材料は、一分子の中にキャリア輸送を担う骨格と、発光を担う骨格とが同時に存在するため、当該発光材料のみで発光層を形成することができる。すなわち、共蒸着を行わずとも、良好な特性を示す発光層を得ることができる。この為、比較的簡便な構成の製造装置で特性の良好な発光素子を製造することができ、安価で且つ性能の良い発光素子を提供することが可能となる。

[0069]

なお、キャリア輸送性を有する第1の骨格としては、図1(B)のような正孔輸送性を有する骨格と、図1(C)のように正孔輸送性を有する骨格のどちらであっても良い。図示はしていないが、バイポーラ性を有する骨格であっても構わない。また、図1(D)のように電子輸送性を有する骨格と正孔輸送性を有する骨格の両方を一分子内に有していても良い。

[0070]

なお、キャリア輸送性を有する第1の骨格が、正孔輸送性を有する骨格である発光素子用材料の場合、当該正孔輸送性を有する骨格が当該材料におけるHOMOを有する骨格であることが好ましい。また、キャリア輸送性を有する第1の骨格が、電子輸送性を有する骨格である発光素子用材料の場合、当該電子輸送性を有する骨格が当該材料におけるLUMOを有する骨格であることが好ましい。また、キャリア輸送性を有する第1の骨格が、正孔輸送性を有する骨格と、電子輸送性を有する骨格の両方である場合、当該発光素子用材料においては、正孔輸送性を有する骨格にHOMOが、電子輸送性を有する骨格にLUMOが存在していることが好ましい。

[0071]

第1の骨格と第2の骨格は直接結合していても良いし、間になにがしかの基を介して結合していても良い。間に介する基は、メタフェニレン基やビフェニル-3, 3'-ジイル基であることが、発光エネルギー準位の低下等が起こりにくく好ましい構成である。

[0072]

正孔輸送性を有する骨格、電子輸送性を有する骨格および発光性を有する骨格の3つの骨格を有する発光素子用材料である場合、当該発光素子用材料を用いることで、共蒸着を行わずとも励起錯体をエネルギードナーとして用いた発光効率の良好な発光素子を製造することが可能となるため、好ましい

構成である。この場合、同一分子中の正孔輸送性を有する骨格と電子輸送性を有する骨格とが作用して励起状態を形成しても良いし、一つの分子の正孔輸送性を有する骨格と、他の分子の電子輸送性を有する骨格とが励起錯体を形成してもよい。当該励起エネルギーが励起状態または励起錯体を形成している分子における発光性を有する骨格に移動するか、または他の基底状態の分子の発光性を有する骨格に移動することで、効率の良い発光が得られる。励起錯体は、S 1 準位とT 1 準位がほぼ同じ位置にあることから、三重項エネルギーがより低い何らかの骨格を有さない限りは、T 1 準位からのS 1 準位への項間交差が容易となり、S 1 準位の生成確率を高めることが可能となるため、蛍光発光素子の発光効率の向上が見込める。このようなメカニズムによって発光が得られる発光素子からは遅延蛍光が観測されることが特徴である。

[0073]

もちろん、りん光発光素子であっても本発明は適用することが可能である。りん光発光を呈する物質としては、イリジウムや白金などの中心金属を有する有機金属錯体が代表的である。キャリア輸送を担う骨格と発光を担う骨格は配位子として導入することができる。複数の配位子を有する有機金属錯体の場合には、配位子ごとに異なる機能（電子輸送性、正孔輸送性、発光性など）を担う骨格を有する構成としても良いし、発光を担う骨格とキャリア輸送性を有する骨格を同時に有する配位子を用いても良く、その組み合わせによって所望の特性にアレンジすることも可能である。

[0074]

例えば、2つ以上の複数の配位子を有する有機金属錯体である場合、少なくとも二つの異なる配位子を有し、一方の配位子は発光性の骨格を有し、他方の配位子は正孔輸送性の骨格を有する構成や、一方の配位子は発光性の骨格を有し、他方の配位子は電子輸送性の骨格を有する構成、一方の配位子は正孔輸送性を有する骨格を有し、他方の配位子は電子輸送性の骨格を有し、前記2つの異なる配位子の少なくともいずれか一方の発光性を有する骨格をさらに有する構成などが考えられる。

[0075]

なお、キャリア輸送性を有する骨格と、発光性の骨格を同一分子内に有することによって、その位置関係をコントロールすることが可能である。蒸着や複数材料を用いた湿式法では、ゲストである発光材料と、ホストであるキャリア輸送材料の濃度を調整することは可能であっても、その位置関係や配置を制御することはできない。エネルギー移動の効率は、エネルギードナーであるホストと、エネルギーアクセプタであるゲストの分子の形状、距離、および配置に大きく依存することがわかっている。キャリア輸送性を有する骨格と、発光性の骨格を一分子内に有せしめることで、その距離や配置など、エネルギー移動に関わる位置関係をより良い状態に保つことが可能となる。これにより、非常に発光効率の良好な発光素子を得ることができるようになる。

[0076]

なお、これら本発明の一態様の発光素子用材料は、その分子量が1300以下であることが好ましい。分子量が1300以下であることによって、蒸着を行う際に当該発光素子用材料が分解してしまうことを抑制することができ、寿命が長く、信頼性の高い発光素子を得る事ができる。

[0077]

また、蒸着が行えない材料であっても、適当な溶媒に溶解することによって、スピコート法や、インクジェット法に代表される湿式法で成膜を行うことが可能である。

[0078]

なお、このような本発明の一態様の発光素子用材料と、一般に用いられるホスト材料あるいはゲスト

材料などを混合して発光層を形成しても良い。本発明の一態様の発光素子用材料は、発光物質自体が高いキャリア輸送性を持つ状態であるため、素子の駆動電圧を低減しながら、高い再結合効率を維持することができ、高効率と低駆動電圧を両立できる。なお、この際、当該ホスト材料やゲスト材料など、発光層内に有する異なる有機化合物が、発光素子用材料のキャリア輸送性を有する骨格と、同じ骨格を含む有機化合物であることが好ましい。

[0079]

図2に、本発明の一態様の発光素子用材料を用いた発光素子の一例を表す図を示す。本発明の一態様の発光素子用材料を用いた発光素子は、本発明の一態様でもある。当該発光素子は、陽極101と、陰極102、EL層103を有し、EL層に上述の発光素子用材料を用いている。

[0080]

EL層103は、少なくとも発光層113を有しており、発光層113は上述の発光素子用材料を用いて形成されている。当該発光素子用材料は、前述のようにその分子内にキャリア輸送を担う骨格と、発光を担う骨格の両方が含まれており共蒸着を行わずとも、良好な特性を有する発光層を形成することができる。これにより、発光素子を製造する装置が簡略化され、初期投資額を減らすことが可能となり、安価に発光素子を製造することができるようになる。

[0081]

なお、図2にはEL層103として、発光層113の他に正孔注入層111、正孔輸送層112、電子輸送層114および電子注入層115が図示されているが、発光素子の構成はこれらに限られることなく、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、電子注入層、キャリアブロック層、励起子ブロック層、電荷発生層など、様々な層構造を適用することができる。

[0082]

続いて、上述の発光素子の詳細な構造や材料の例について説明する。

[0083]

EL層103の積層構造については、本実施の形態では、図2(A)に示すように、発光層113に加えて、正孔注入層111、正孔輸送層112、電子輸送層114及び電子注入層115を有する構成、及び図2(B)に示すように、正孔注入層111、正孔輸送層112、発光層113に加えて、電子輸送層114及び電荷発生層116を有する構成の2種類の構成について説明する。電極およびEL層を構成する材料について以下に具体的に示す。

[0084]

陽極101は、仕事関数の大きい（具体的には4.0 eV以上）金属、合金、導電性化合物、およびこれらの混合物などを用いて形成することが好ましい。具体的には、例えば、酸化インジウム－酸化スズ（ITO: Indium Tin Oxide）、ケイ素若しくは酸化ケイ素を含有した酸化インジウム－酸化スズ、酸化インジウム－酸化亜鉛、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム（IWZO）等が挙げられる。これらの導電性金属酸化物膜は、通常スパッタリング法により成膜されるが、ゾルゲル法などを応用して作製しても構わない。作製方法の例としては、酸化インジウム－酸化亜鉛膜は、酸化インジウムに対し1～20 wt %の酸化亜鉛を加えたターゲットを用いてスパッタリング法により形成する方法などがある。また、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム（IWZO）膜は、酸化インジウムに対し酸化タングステンを0.5～5 wt %、酸化亜鉛を0.1～1 wt %含有したターゲットを用いてスパッタリング法により形成することもできる。この他、金（Au）、白金（Pt）、ニッケル（Ni）、タングステン（W）、クロム（Cr）、

モリブデン (Mo)、鉄 (Fe)、コバルト (Co)、銅 (Cu)、パラジウム (Pd)、または金属材料の窒化物 (例えば、窒化チタン) 等が挙げられる。グラフェンも用いることができる。なお、後述する複合材料をEL層103における陽極101と接する層に用いることで、仕事関数に関わらず、電極材料を選択することができるようになる。

[0085]

正孔注入層111は、アクセプタ性を有する物質を含む層である。アクセプタ性を有する物質としては、電子吸引基 (ハロゲン基やシアノ基) を有する化合物を用いることができ、7, 7, 8, 8-テトラシアノ-2, 3, 5, 6-テトラフルオロキノジメタン (略称: F4-TCNQ)、1, 3, 4, 5, 7, 8-ヘキサフルオロテトラシアノナフトキノジメタン (略称: F6-TCNNQ)、3, 6-ジフルオロ-2, 5, 7, 7, 8, 8-ヘキサシアノキノジメタン、クロラニル、2, 3, 6, 7, 10, 11-ヘキサシアノ-1, 4, 5, 8, 9, 12-ヘキサアザトリフェニレン (HAT-CN) 等の有機アクセプタや、モリブデン酸化物やバナジウム酸化物、ルテニウム酸化物、タングステン酸化物、マンガン酸化物等の無機酸化物、その他、フタロシアニン (略称: H₂PC) や銅フタロシアニン (CuPC) 等のフタロシアニン系の金属錯体、4, 4'-ビス [N-(4-ジフェニルアミノフェニル) -N-フェニルアミノ] ビフェニル (略称: DPAB)、N, N'-ビス {4-[ビス (3-メチルフェニル) アミノ] フェニル} -N, N'-ジフェニル (1, 1'-ビフェニル) -4, 4'-ジアミン (略称: DNTPD) 等の芳香族アミン化合物、或いはポリ (3, 4-エチレンジオキシチオフェン) /ポリ (スチレンスルホン酸) (PEDOT/PSS) 等の高分子等を用いることができる。

[0086]

有機アクセプタとしては、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。アクセプタ性を有する有機化合物は、隣接する正孔輸送層 (あるいは正孔輸送材料) から、電界の印加により電子を引き抜くことができる。

[0087]

また、正孔注入層111としては、正孔輸送性を有する物質にアクセプタ性物質を含有させた複合材料を用いることもできる。なお、正孔輸送性の物質にアクセプタ性物質を含有させた複合材料を用いることにより、仕事関数に依らず電極を形成する材料を選ぶことができる。つまり、陽極101として仕事関数の大きい材料だけでなく、仕事関数の小さい材料も用いることができるようになる。当該アクセプタ性物質としては、上述の有機アクセプタや、遷移金属酸化物、また元素周期表における第4族乃至第8族に属する金属の酸化物を用いることができる。元素周期表における第4族乃至第8族に属する金属の酸化物としては、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、酸化ルテニウムなどが電子受容性が高いため好ましい。中でも特に、酸化モリブデンは大気中でも安定であり、吸湿性が低く、扱いやすいため好ましい。有機アクセプタとしては、7, 7, 8, 8-テトラシアノ-2, 3, 5, 6-テトラフルオロキノジメタン (略称: F4-TCNQ)、クロラニル等が好ましい。

[0088]

複合材料に用いる正孔輸送性を有する物質は、 $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有することが好ましい。当該正孔輸送性を有する物質としては、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) 等の芳香族アミン、3- [N- (9-フェニルカルバゾール-3-イル) -N-フェニルアミノ] -9-フェニルカルバゾール (略称: PCzPCA1)、3, 6-ビス [N- (9-フェニルカルバゾール-3-イル) -N-フェニルアミノ] -9-フェニルカルバゾール (略称: PCzPCA2)、3- [N- (1-ナフチル) -N- (9-フェニルカルバゾール-3-イル) アミノ] -9-フェニルカルバゾール (略称: PCzPCN1)、4, 4'-ジ (N-カルバゾリル) ビフェニル (略称: CBP)、1, 3, 5-トリス [4- (N-カルバゾリル) フェニル] ベンゼン (略称: TCPB)、9- [4- (10-フェニル-9-アントリル) 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のカルバゾール誘導体、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、ペンタセン、コロネン、ルブレン、ペリレン、2, 5, 8, 11-テトラ (tert-ブチル) ペリレン等の芳香族炭化水素が挙げられる。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。また、4, 4'-ビス [N- (1-ナフチル) -N-フェニルアミノ] ビフェニル (略称: NPB)、N, N'-ビス (3-メチルフェニル) -N, N'-ジフェニル- [1, 1'-ビフェニル] -4, 4'-ジアミン (略称: TPD)、4, 4'-ビス [N- (スピロ-9, 9'-ビフルオレン-2-イル) -N-フェニルアミノ] ビフェニル (略称: BSPB)、4-フェニル-4'- (9-フェニルフルオレン-9-イル) トリフェニルアミン (略称: BPAPFLP)、4-フェニル-3'- (9-フェニルフルオレン-9-イル) トリフェニルアミン (略称: mBPAPFLP)、4-フェニル-4'- (9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル) トリフェニルアミン (略称: PCBA1BP)、4, 4'-ジフェニル-4''- (9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル) トリフェニルアミン (略称: PCBBi1BP)、4- (1-ナフチル) -4'- (9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル) -トリフェニルアミン (略称: PCBANB)、4, 4'-ジ (1-ナフチル) -4''- (9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル) トリフェニルアミン (略称: PCBNBB)、9, 9-ジメチル-N-フェニル-N-[4- (9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル) フェニル]

ーフルオレンー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]ースピロ-9,9'-ビフルオレン-2-アミン（略称：PCBASF）などの芳香族アミン骨格を有する化合物、1,3-ビス（N-カルバゾリル）ベンゼン（略称：mCP）、4,4'-ジ（N-カルバゾリル）ビフェニル（略称：CBP）、3,6-ビス（3,5-ジフェニルフェニル）-9-フェニルカルバゾール（略称：CzTP）、3,3'-ビス（9-フェニル-9H-カルバゾール）（略称：PCCP）などのカルバゾール骨格を有する化合物、4,4',4''-（ベンゼン-1,3,5-トリイル）トリ（ジベンゾチオフェン）（略称：DBT3P-I I）、2,8-ジフェニル-4-[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]ジベンゾチオフェン（略称：DBTFLP-I I I）、4-[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]-6-フェニルジベンゾチオフェン（略称：DBTFLP-I V）などのチオフェン骨格を有する化合物、4,4',4''-（ベンゼン-1,3,5-トリイル）トリ（ジベンゾフラン）（略称：DBF3P-I I）、4-{3-[3-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]フェニル}ジベンゾフラン（略称：mmDBFFLB i-I I）などのフラン骨格を有する化合物を用いることができる。上述した中でも、芳香族アミン骨格を有する化合物やカルバゾール骨格を有する化合物は、信頼性が良好であり、また、正孔輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与するため好ましい。

[0089]

また、正孔注入層111は湿式法で形成することもできる。この場合、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）水溶液（PEDOT／PSS）、ポリアニリン／ショウノウスルホン酸水溶液（PANI／CSA）、PTPDES、Et-PTPDEK、またはPPBA、ポリアニリン／ポリ（スチレンスルホン酸）（PANI／PSS）等の酸を添加した導電性高分子化合物などを用いることができる。

[0090]

正孔注入層111を形成することによって、正孔の注入性が良好となり、駆動電圧の小さい発光素子を得ることができる。また、有機アクセプタは蒸着が容易で成膜がしやすいため、使いやすい材料である。

[0091]

正孔輸送層112は、先に述べた正孔輸送性を有する材料の中から、又はその他さまざまな正孔輸送性を有する材料の中から、適宜用いれば良い。

[0092]

発光層113は、上述の本発明の一態様の発光素子用材料により形成される。本発明の一態様の発光素子は、ホスト機能を有するキャリア輸送性骨格と、発光機能を有する発光性の骨格とを一つの分子内に有することから当該発光素子用材料のみで良好な特性を有する発光層を形成することができる。

[0093]

ホスト機能を有するキャリア輸送性骨格としては、発光機能を有する発光性の骨格よりも励起エネルギーの高い縮合芳香環骨格や複素環骨格などを用いることができる。

[0094]

ホスト機能は、具体的には、ホール輸送、電子輸送、バイポーラに大別され、それぞれ異なる骨格により実現される。ホール輸送機能を有する骨格としては、 π 電子過剰型複素芳香環骨格またはアリールアミン骨格を挙げることができる。より詳細には、ジフェニルアミン構造を含む骨格、あるいはビ

ロール環、フラン環、チオフェン環を含む骨格などで、これらの環が他の芳香環と縮合したものも用いることができる。具体的には、カルバゾール環、ジベンゾフラン環、ジベンゾチオフェン環、あるいはこれらの環構造を有する複素芳香環である。電子輸送機能を有する骨格としては、 π 電子不足型複素芳香環骨格を挙げることができる。より詳細には、ピリジン環、ジアジン環、トリアジン環などで、これらの環が他の芳香環と縮合したものも用いることができる。具体的には、ピリジン環、フタラジン環、ピリミジン環、ピラジン環、トリアジン環、キノリン環、キナゾリン環、キノキサリン環、あるいはこれらの環構造を有する複素芳香環である。バイポーラ性を有する骨格としては、アントラセンやピレン等の縮合芳香炭化水素環を好適に用いることができる。

[0095]

発光機能を有する発光性の骨格としては、アントラセン骨格、ピレン骨格、ペリレン骨格等の発光団、または、イリジウムや白金に芳香族配位子がオルトメタル化した部分構造からなる骨格を挙げることができる。

[0096]

本発明の一態様の発光素子用材料は、共蒸着を行う必要が無い。そのため、真空蒸着を適用した場合、煩雑な製造工程を経ることなく発光素子を製造することが可能となり、大幅なコスト削減効果が得られる。

[0097]

なお、当該発光素子用材料による発光層を湿式法を用いて形成する場合は、当該発光素子用材料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・プロジェクト法など）により層を形成した後、溶媒を除去、または焼成することにより形成すればよい。

[0098]

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。

[0099]

なお、発光層においては、キャリアバランスを整えるために、本発明の一態様の発光素子用材料と、正孔輸送性および／または電子輸送性を有するキャリア輸送材料とを混合して用いても良い。また、本発明の一態様の発光素子用材料と、他の発光材料とを混合して用いても良い。なお、当該キャリア輸送材料は複数種の物質を混合した材料であっても良い。混合したホスト材料を用いる場合は、電子輸送性を有する材料と、正孔輸送性を有する材料とを混合することが好ましい。電子輸送性を有する材料と、正孔輸送性を有する材料を混合することによって、発光層113の輸送性を容易に調整することができ、再結合領域の制御も簡便に行うことができる。正孔輸送性を有する材料と電子輸送性を有する材料の含有量の比は、正孔輸送性を有する材料：電子輸送性を有する材料＝1：9乃至9：1とすればよい。

[0100]

また、これら混合されたホスト材料同士で励起錯体を形成しても良い。当該励起錯体は、蛍光発光物

質またはりん光発光物質の最も低エネルギー側の吸収帯の波長と重なるような発光を呈する励起錯体を形成するような組み合わせを選択することで、エネルギー移動がスムーズとなり、効率よく発光が得られるようになる。また、当該構成は駆動電圧も低下するため好ましい構成である。

[0101]

該キャリア輸送材料において、正孔輸送性を有する材料としては、2-[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]スピロ-9,9'-ビフルオレン(略称:PCASF)、4,4',4''-トリス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]トリフェニルアミン(略称:1'-TNATA)、2,7-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]ースピロ-9,9'-ビフルオレン(略称:DPA2SF)、N,N'-ビス(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N,N'-ジフェニルベンゼン-1,3-ジアミン(略称:PCA2B)、N-(9,9-ジメチル-2-ジフェニルアミノ-9H-フルオレン-7-イル)ジフェニルアミン(略称:DPNF)、N,N',N''-トリフェニル-N,N',N''-トリス(9-フェニルカルバゾール-3-イル)ベンゼン-1,3,5-トリアミン(略称:PCA3B)、2-[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]スピロ-9,9'-ビフルオレン(略称:DPASF)、N,N'-ビス[4-(カルバゾール-9-イル)フェニル]-N,N'-ジフェニル-9,9-ジメチルフルオレン-2,7-ジアミン(略称:YGA2F)、NPB、N,N'-ビス(3-メチルフェニル)-N,N'-ジフェニル-[1,1'-ビフェニル]-4,4'-ジアミン(略称:TPD)、4,4'-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:DPAB)、BSPB、4-フェニル-4'-(9-フェニルフルオレン-9-イル)トリフェニルアミン(略称:BPALP)、4-フェニル-3'-(9-フェニルフルオレン-9-イル)トリフェニルアミン(略称:mBPALP)、N-(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-N-{9,9-ジメチル-2-[N'-フェニル-N'-(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)アミノ]-9H-フルオレン-7-イル}フェニルアミン(略称:DFLADFL)、PCzPCA1、3-[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール(略称:PCzDPA1)、3,6-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール(略称:PCzDPA2)、DNTPD、3,6-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-(1-ナフチル)アミノ]-9-フェニルカルバゾール(略称:PCzTPN2)、PCzPCA2、4-フェニル-4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称:PCBA1BP)、4,4'-ジフェニル-4''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称:PCBBi1BP)、4-(1-ナフチル)-4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称:PCBANB)、4,4'-ジ(1-ナフチル)-4''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称:PCBNBB)、3-[N-(1-ナフチル)-N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)アミノ]-9-フェニルカルバゾール(略称:PCzPCN1)、9,9-ジメチル-N-フェニル-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]-フルオレン-2-アミン(略称:PCBAF)、N-フェニル-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]ースピロ-9,9'-ビフルオレン-2-アミン(略称:PCBASF)、N-(4-ビフェニル)-N-(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-9-フェニル-9H-カルバゾール-3-アミン(略称:PCBiF)、N-(1,1'-ビフェニル-4-イル)-N-[4-(9-フェニル-9

H-カルバゾール-3-イル) フェニル] -9, 9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン (略称: PCBBiF) などの芳香族アミン骨格を有する化合物や、1, 3-ビス (N-カルバゾリル) ベンゼン (略称: mCP)、CBP、3, 6-ビス (3, 5-ジフェニルフェニル) -9-フェニルカルバゾール (略称: CzTP)、9-フェニル-9H-3- (9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル) カルバゾール (略称: PCCP) などのカルバゾール骨格を有する化合物や、4, 4', 4'' - (ベンゼン-1, 3, 5-トリイル) トリ (ジベンゾチオフェン) (略称: DBT3P-I I)、2, 8-ジフェニル-4- [4- (9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル) フェニル] ジベンゾチオフェン (略称: DBTFLP-I I I)、4- [4- (9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル) フェニル] -6-フェニルジベンゾチオフェン (略称: DBTFLP-I V) などのチオフェン骨格を有する化合物や、4, 4', 4'' - (ベンゼン-1, 3, 5-トリイル) トリ (ジベンゾフラン) (略称: DBF3P-I I)、4- {3- [3- (9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル) フェニル] フェニル} ジベンゾフラン (略称: mmDBFFLBi-I I) などのフラン骨格を有する化合物が挙げられる。

[0102]

該キャリア輸送材料において、正孔輸送性を有する材料としては、ビス (10-ヒドロキシベンゾ[h]キノリナト) ベリリウム (I I) (略称: BeBq₂)、ビス (2-メチル-8-キノリノラト) (4-フェニルフェノラト) アルミニウム (I I I) (略称: BA I q)、ビス (8-キノリノラト) 亜鉛 (I I) (略称: Znq)、ビス [2- (2-ベンゾオキサゾリル) フェノラト] 亜鉛 (I I) (略称: ZnPBO)、ビス [2- (2-ベンゾチアゾリル) フェノラト] 亜鉛 (I I) (略称: ZnBTZ) などの金属錯体や、2- (4-ビフェニル) -5- (4-tert-ブチルフェニル) -1, 3, 4-オキサジアゾール (略称: PBD)、3- (4-ビフェニル) -4-フェニル-5- (4-tert-ブチルフェニル) -1, 2, 4-トリアゾール (略称: TAZ)、1, 3-ビス [5- (p-tert-ブチルフェニル) -1, 3, 4-オキサジアゾール-2-イル] ベンゼン (略称: OXD-7)、9- [4- (5-フェニル-1, 3, 4-オキサジアゾール-2-イル) フェニル] -9H-カルバゾール (略称: CO11)、2, 2', 2'' - (1, 3, 5-ベンゼントリイル) トリス (1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール) (略称: TPBI)、2- [3- (ジベンゾチオフェン-4-イル) フェニル] -1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール (略称: mDBTBIm-I I) などのポリアゾール骨格を有する複素環化合物や、2- [3- (ジベンゾチオフェン-4-イル) フェニル] ジベンゾ [f, h] キノキサリン (略称: 2mDBTPDBq-I I)、2- [3'- (ジベンゾチオフェン-4-イル) ビフェニル-3-イル] ジベンゾ [f, h] キノキサリン (略称: 2mDBTBPD Bq-I I)、2- [3'- (9H-カルバゾール-9-イル) ビフェニル-3-イル] ジベンゾ [f, h] キノキサリン (略称: 2mCzBPDBq)、2- [4- (3, 6-ジフェニル-9H-カルバゾール-9-イル) フェニル] ジベンゾ [f, h] キノキサリン (略称: 2CzPD Bq-I I I)、7- [3- (ジベンゾチオフェン-4-イル) フェニル] ジベンゾ [f, h] キノキサリン (略称: 7mDBTPDBq-I I)、及び、6- [3- (ジベンゾチオフェン-4-イル) フェニル] ジベンゾ [f, h] キノキサリン (略称: 6mDBTPDBq-I I)、4, 6-ビス [3- (フェナントレン-9-イル) フェニル] ピリミジン (略称: 4, 6mPnP2Pm)、4, 6-ビス [3- (4-ジベンゾチエニル) フェニル] ピリミジン (略称: 4, 6mDBTP2Pm-I I)、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が挙げられる。

[0103]

該発光材料としては、トリス {2-[5-(2-メチルフェニル)-4-(2, 6-ジメチルフェニル)-4H-1, 2, 4-トリアゾール-3-イル- κ N2] フェニル- κ C} イリジウム (III) (略称: Ir (mpptz-dmp)₃)、トリス (5-メチル-3, 4-ジフェニル-4H-1, 2, 4-トリアゾラト) イリジウム (III) (略称: Ir (Mptz)₃)、トリス [4-(3-ビフェニル)-5-イソプロピル-3-フェニル-4H-1, 2, 4-トリアゾラト] イリジウム (III) (略称: Ir (iPrptz-3b)₃)、トリス [3-(5-ビフェニル)-5-イソプロピル-4-フェニル-4H-1, 2, 4-トリアゾラト] イリジウム (III) (略称: Ir (iPr5btz)₃)、トリス [3-メチル-1-(2-メチルフェニル)-5-フェニル-1H-1, 2, 4-トリアゾラト] イリジウム (III) (略称: Ir (Mptz1-mp)₃)、トリス (1-メチル-5-フェニル-3-プロピル-1H-1, 2, 4-トリアゾラト) イリジウム (III) (略称: Ir (Prptz1-Me)₃)、fac-トリス [1-(2, 6-ジイソプロピルフェニル)-2-フェニル-1H-イミダゾール] イリジウム (III) (略称: Ir (iPrpmi)₃)、トリス [3-(2, 6-ジメチルフェニル)-7-メチルイミダゾ [1, 2-f] フェナントリジナト] イリジウム (III) (略称: Ir (dmpimp1-Me)₃)、ビス [2-(4', 6'-ジフルオロフェニル) ピリジナト-N, C^{2'}] イリジウム (III) テトラキス (1-ピラゾリル) ボラート (略称: FIr6)、ビス [2-(4', 6'-ジフルオロフェニル) ピリジナト-N, C^{2'}] イリジウム (III) ピコリナート (略称: FIrpic)、ビス {2-[3', 5'-ビス (トリフルオロメチル) フェニル] ピリジナト-N, C^{2'}} イリジウム (III) ピコリナート (略称: Ir (CF₃ppy)₂ (pic))、ビス [2-(4', 6'-ジフルオロフェニル) ピリジナト-N, C^{2'}] イリジウム (III) アセチルアセトナート (略称: FIr (acac))、トリス (4-メチル-6-フェニルピリミジナト) イリジウム (III) (略称: Ir (mppm)₃)、トリス (4-tert-ブチル-6-フェニルピリミジナト) イリジウム (III) (略称: Ir (tBuppm)₃)、(アセチルアセトナト) ビス (6-メチル-4-フェニルピリミジナト) イリジウム (III) (略称: Ir (mppm)₂ (acac))、(アセチルアセトナト) ビス (6-tert-ブチル-4-フェニルピリミジナト) イリジウム (III) (略称: Ir (tBuppm)₂ (acac))、(アセチルアセトナト) ビス [4-(2-ノルボルニル)-6-フェニルピリミジナト] イリジウム (III) (略称: Ir (nbppm)₂ (acac))、(アセチルアセトナト) ビス [5-メチル-6-(2-メチルフェニル)-4-フェニルピリミジナト] イリジウム (III) (略称: Ir (mpmpm)₂ (acac))、(アセチルアセトナト) ビス {4, 6-ジメチル-2-[6-(2, 6-ジメチルフェニル)-4-ピリミジニル- κ N3] フェニル- κ C} イリジウム (III) (略称: Ir (dmppm-dmp)₂ (acac))、(アセチルアセトナト) ビス (4, 6-ジフェニルピリミジナト) イリジウム (III) (略称: Ir (dppm)₂ (acac))、(アセチルアセトナト) ビス (3, 5-ジメチル-2-フェニルピラジナト) イリジウム (III) (略称: Ir (mppr-Me)₂ (acac))、(アセチルアセトナト) ビス (5-イソプロピル-3-メチル-2-フェニルピラジ

ナト) イリジウム (I I I) (略称: I r (m p p r - i P r)₂ (a c a c)), トリス (2-フェニルピリジナト-N, C^{2'}) イリジウム (I I I) (略称: I r (p p y)₃), ビス (2-フェニルピリジナト-N, C^{2'}) イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称: I r (p p y)₂ (a c a c)), ビス (ベンゾ [h] キノリナト) イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称: I r (b z q)₂ (a c a c)), トリス (ベンゾ [h] キノリナト) イリジウム (I I I) (略称: I r (b z q)₃), トリス (2-フェニルキノリナト-N, C^{2'}) イリジウム (I I I) (略称: I r (p q)₃), ビス (2-フェニルキノリナト-N, C^{2'}) イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称: I r (p q)₂ (a c a c)), ビス (2, 4-ジフェニル-1, 3-オキサゾラト-N, C^{2'}) イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称: I r (d p o)₂ (a c a c)), ビス {2-[4'-(パーフルオロフェニル)フェニル]ピリジナト-N, C^{2'}} イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称: I r (p-PF-p h)₂ (a c a c)), ビス (2-フェニルベンゾチアゾラト-N, C^{2'}) イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称: I r (b t)₂ (a c a c)), (ジイソブチルメタナト) ビス [4, 6-ビス (3-メチルフェニル) ピリミジナト] イリジウム (I I I) (略称: I r (5 m d p p m)₂ (d i b m)), ビス [4, 6-ビス (3-メチルフェニル) ピリミジナト] (ジピバロイルメタナト) イリジウム (I I I) (略称: I r (5 m d p p m)₂ (d p m)), ビス [4, 6-ジ (ナフタレン-1-イル) ピリミジナト] (ジピバロイルメタナト) イリジウム (I I I) (略称: I r (d l n p m)₂ (d p m)), (アセチルアセトナト) ビス (2, 3, 5-トリフェニルピラジナト) イリジウム (I I I) (略称: I r (t p p r)₂ (a c a c)), ビス (2, 3, 5-トリフェニルピラジナト) (ジピバロイルメタナト) イリジウム (I I I) (略称: I r (t p p r)₂ (d p m)), (アセチルアセトナト) ビス [2, 3-ビス (4-フルオロフェニル) キノキサリナト] イリジウム (I I I) (略称: I r (F d p q)₂ (a c a c)), トリス (1-フェニルイソキノリナト-N, C^{2'}) イリジウム (I I I) (略称: I r (p i q)₃), ビス (1-フェニルイソキノリナト-N, C^{2'}) イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称: I r (p i q)₂ (a c a c)), 2, 3, 7, 8, 12, 13, 17, 18-オクタエチル-21H, 23H-ポルフィリン白金 (I I) (略称: P t O E P) のような燐光性化合物や、2-(ビフェニル-4-イル)-4, 6-ビス (12-フェニルインドロ [2, 3-a] カルバゾール-11-イル)-1, 3, 5-トリアジン (略称: P I C-TRZ), 2-{4-[3-(N-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)-9H-カルバゾール-9-イル]フェニル}-4, 6-ジフェニル-1, 3, 5-トリアジン (略称: P C C z P T z n), 2-[4-(10H-フェノキサジン-10-イル)フェニル]-4, 6-ジフェニル-1, 3, 5-トリアジン (略称: P X Z-TRZ), 3-[4-(5-フェニル-5, 10-ジヒドロフェナジン-10-イル)フェニル]-4, 5-ジフェニル-1, 2, 4-トリアゾール (略称: P P Z-3 T P T), 3-(9, 9-ジメチル-9H-アクリジン-10-イル)-9H-キサンテン-9-オン (略称: A C R X T N), ビス [4-(9, 9-ジメチル-9, 10-ジヒドロアクリジン)フェニル]スルホン (略称: D M A C-D P S), 10-フェニル-10H, 10'H-スピロ [アクリジン-9, 9'-アントラセン]-10'-オン (略称: A C R S A) 等の熱活性化遅延蛍光 (T A D F) 材料や、N, N'-ジフェニル-N, N'-ビス [4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]ピレン-1, 6-ジアミン (略称: 1, 6 F L P A P r n), N, N'-ビス (3-メチルフェニル)-N, N'-ビス [3-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]ピレン-1, 6-ジアミン (略称: 1, 6 m M e m F L P A P r n), 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, 6 t Bu-FLPAPr n)、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: c h-1, 6 FLPAPr n)、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: DCJT I)、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: DC JTB)、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] ペリレンなどの蛍光性化合物が挙げられる。

[0104]

以上のような構成を有する発光層 113 は、真空蒸着法での共蒸着や、混合溶液を用いて、グラビア印刷法、オフセット印刷法、インクジェット法、スピンコート法やディップコート法などを用いて作製することができる。

[0105]

電子輸送層 114 は、電子輸送性を有する物質を含む層である。電子輸送性を有する物質としては、例えば、ビス (10-ヒドロキシベンゾ [h] キノリナト) ベリリウム (II) (略称: BeBq₂)、ビス (2-メチル-8-キノリノラト) (4-フェニルフェノラト) アルミニウム (III) (略称: BAlq)、ビス (8-キノリノラト) 亜鉛 (II) (略称: Znq)、ビス [2-(2-ベンゾオキサゾリル) フェノラト] 亜鉛 (II) (略称: ZnPBO)、ビス [2-(2-ベンゾチアゾリル) フェノラト] 亜鉛 (II) (略称: ZnBTZ) などの金属錯体や、2-(4-ビフェニル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1, 3, 4-オキサジアゾール (略称: PBD)、3-(4-ビフェニル)-4-フェニル-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1, 2, 4-トリアゾール (略称: TAZ)、1, 3-ビス [5-(p-tert-ブチルフェニル)-1, 3, 4-オキサジアゾール-2-イル] ベンゼン (略称: OXD-7)、9-[4-(5-フェニル-1, 3, 4-オキサジアゾール-2-イル) フェニル]-9H-カルバゾール (略称: CO11)、2, 2', 2''-(1, 3, 5-ベンゼントリイル) トリス (1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール) (略称: TPBI)、2-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル) フェニル]-1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール (略称: mDBTBIm-II) などのポリアゾール骨格を有する複素環化合物や、2-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル) フェニル] ジベンゾ [f, h] キノキサリン (略称: 2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(ジベンゾチオフェン-4-イル) ビフェニル-3-イル] ジベンゾ [f, h] キノキサリン (略称: 2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(9H-カルバゾール-9-イル) ビフェニル-3-イル] ジベンゾ [f, h] キノキサリン (略称: 2mCzBPDBq)、4, 6-ビス [3-(フェナントレン-9-イル) フェニル] ピリミジン (略称: 4, 6mPnP2Pm)、4, 6-ビス [3-(4-ジベンゾチエニル) フェニル] ピリミジン (略称: 4, 6mDBTP2Pm-II) などのジアジン骨格を有する複素環化合物や、3, 5-ビス [3-(9H-カルバゾール-9-イル) フェニル] ピリジン (略称: 35DCzPPy)、1, 3, 5-トリ [3-(3-ピリジル) フェニル] ベンゼン (略称: TmPyPB) などのピリジン骨格を有する複素環化合物が挙げられる。上述した中でも、ジアジン骨格を有する複素環化合物やピリジン骨格を有する複素環化合物は、信頼性が良好であり好ましい。特に、ジアジン (ピリミジンやピラジン) 骨格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。

[0106]

また、電子輸送層と発光層との間に電子キャリアの移動を制御する層を設けても良い。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、電子キャリアの移動を抑制することによって、キャリアバランスを調節することが可能となる。このような構成は、発光層を電子が突き抜けてしまうことにより発生する問題（例えば素子寿命の低下）の抑制に大きな効果を発揮する。

[0107]

また、電子輸送層114と陰極102との間に、陰極102に接して電子注入層115を設けてもよい。電子注入層115としては、フッ化リチウム (LiF)、フッ化セシウム (CsF)、フッ化カルシウム (CaF₂) 等のようなアルカリ金属又はアルカリ土類金属又はそれらの化合物を用いることができる。例えば、電子輸送性を有する物質からなる層中にアルカリ金属又はアルカリ土類金属又はそれらの化合物を含有させたものを用いることができる。また、電子注入層115にエレクトライドを用いてもよい。エレクトライドとしては、例えば、カルシウムとアルミニウムの混合酸化物に電子を高濃度添加した物質等が挙げられる。なお、電子注入層115として、電子輸送性を有する物質からなる層中にアルカリ金属又はアルカリ土類金属を含有させたものを用いることにより、陰極102からの電子注入が効率良く行われるためより好ましい。

[0108]

また、電子注入層115の代わりに電荷発生層116を設けても良い (図2 (B))。電荷発生層116は、電位をかけることによって当該層の陰極側に接する層に正孔を、陽極側に接する層に電子を注入することができる層のことである。電荷発生層116には、少なくともP型層117が含まれる。P型層117は、上述の正孔注入層111を構成することができる材料として挙げた複合材料を用いて形成することが好ましい。またP型層117は、複合材料を構成する材料として上述したアクセプター性物質を含む膜と正孔輸送材料を含む膜とを積層して構成しても良い。P型層117に電位をかけることによって、電子輸送層114に電子が、陰極である陰極102に正孔が注入され、発光素子が動作する。この際、電子輸送層114の電荷発生層116に接する位置に、本発明の一態様の発光素子用材料を含む層が存在することによって、発光素子の駆動時間の蓄積に伴う輝度低下が抑制され、寿命の長い発光素子を得ることができる。

[0109]

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

[0110]

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

[0111]

電子注入バッファ層119には、アルカリ金属、アルカリ土類金属、希土類金属、およびこれらの

化合物（アルカリ金属化合物（酸化リチウム等の酸化物、ハロゲン化物、炭酸リチウムや炭酸セシウム等の炭酸塩を含む）、アルカリ土類金属化合物（酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩を含む）、または希土類金属の化合物（酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩を含む））等の電子注入性の高い物質を用いることが可能である。

[0112]

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

[0113]

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

[0114]

EL層103の形成方法としては、乾式法、湿式法を問わず、種々の方法を用いることができる。例えば、真空蒸着法やウェットプロセス法（スピンコート法、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（グラビア印刷法、オフセット印刷法、スクリーン印刷法等）、スプレーコート法、カーテンコート法、ラングミュア・プロジェクト法など）などを用いても構わない。

[0115]

また上述した各電極または各層を異なる成膜方法を用いて形成しても構わない。

[0116]

ここで、液滴吐出法を用いてEL層786を形成する方法について、図3を用いて説明する。図3（A）乃至図3（D）は、EL層786の作製方法を説明する断面図である。

[0117]

まず、平坦化絶縁膜770上に導電膜772が形成され、導電膜772の一部を覆うように絶縁膜730が形成される（図3（A）参照）。

[0118]

次に、絶縁膜 730 の開口である導電膜 772 の露出部に、液滴吐出装置 783 より液滴 784 を吐出し、組成物を含む層 785 を形成する。液滴 784 は、溶媒を含む組成物であり、導電膜 772 上に付着する（図 3（B）参照）。

[0119]

なお、液滴 784 を吐出する工程を減圧下で行ってもよい。

[0120]

次に、組成物を含む層 785 より溶媒を除去し、固化することによって EL 層 786 を形成する（図 3（C）参照）。

[0121]

なお、溶媒の除去方法としては、乾燥工程または加熱工程を行えばよい。

[0122]

次に、EL 層 786 上に導電膜 788 を形成し、発光素子 782 を形成する（図 3（D）参照）。

[0123]

このように EL 層 786 を液滴吐出法で行うと、選択的に組成物を吐出することができるため、材料のロスを削減することができる。また、形状を加工するためのリソグラフィ工程などにも必要ないために工程も簡略化することができ、低コスト化が達成できる。

[0124]

なお、上記説明した液滴吐出法とは、組成物の吐出口を有するノズル、あるいは 1 つ又は複数のノズルを有するヘッド等の液滴を吐出する手段を有するものの総称とする。

[0125]

次に、液滴吐出法に用いる液滴吐出装置について、図 4 を用いて説明する。図 4 は、液滴吐出装置 1400 を説明する概念図である。

[0126]

液滴吐出装置 1400 は、液滴吐出手段 1403 を有する。また、液滴吐出手段 1403 は、ヘッド 1405 と、ヘッド 1412 と、ヘッド 1416 とを有する。

[0127]

ヘッド 1405、及びヘッド 1412 は制御手段 1407 に接続され、それがコンピュータ 1410 で制御することにより予めプログラミングされたパターンに描画することができる。

[0128]

また、描画するタイミングとしては、例えば、基板 1402 上に形成されたマーカー 1411 を基準に行えば良い。あるいは、基板 1402 の外縁を基準にして基準点を確定させても良い。ここでは、マーカー 1411 を撮像手段 1404 で検出し、画像処理手段 1409 にてデジタル信号に変換したものをコンピュータ 1410 で認識して制御信号を発生させて制御手段 1407 に送る。

[0129]

撮像手段 1404 としては、電荷結合素子（CCD）や相補型金属－酸化物－半導体（CMOS）を利用したイメージセンサなどを用いることができる。なお、基板 1402 上に形成されるべきパターンの情報は記憶媒体 1408 に格納されたものであり、この情報を基にして制御手段 1407 に制御信号を送り、液滴吐出手段 1403 の個々のヘッド 1405、ヘッド 1412、ヘッド 1416 を個別に制御することができる。吐出する材料は、材料供給源 1413、材料供給源 1414、材料供給源 1415 より配管を通してヘッド 1405、ヘッド 1412、ヘッド 1416 にそれぞれ供給さ

れる。

[0130]

ヘッド1405、ヘッド1412、ヘッド1416の内部は、点線1406が示すように液状の材料を充填する空間と、吐出口であるノズルを有する構造となっている。図示しないが、ヘッド1412もヘッド1405と同様な内部構造を有する。ヘッド1405とヘッド1412のノズルを異なるサイズで設けると、異なる材料を異なる幅で同時に描画することができる。一つのヘッドで、複数種の発光材料などをそれぞれ吐出し、描画することができ、広領域に描画する場合は、スループットを向上させるため複数のノズルより同材料を同時に吐出し、描画することができる。大型基板を用いる場合、ヘッド1405、ヘッド1412、ヘッド1416は基板上を、図4中に示すX、Y、Zの矢印の方向に自在に走査し、描画する領域を自由に設定することができ、同じパターンを一枚の基板に複数描画することができる。

[0131]

また、組成物を吐出する工程は、減圧下で行ってもよい。吐出時に基板を加熱しておいてもよい。組成物を吐出後、乾燥と焼成の一方又は両方の工程を行う。乾燥と焼成の工程は、両工程とも加熱処理の工程であるが、その目的、温度と時間が異なるものである。乾燥の工程、焼成の工程は、常圧下又は減圧下で、レーザ光の照射や瞬間熱アニール、加熱炉などにより行う。なお、この加熱処理を行うタイミング、加熱処理の回数は特に限定されない。乾燥と焼成の工程を良好に行うためには、そのときの温度は、基板の材質及び組成物の性質に依存する。

[0132]

以上のように、液滴吐出装置を用いてEL層786を作製することができる。

[0133]

液滴吐出装置を用いてEL層786を作製する場合において、各種有機材料や有機無機ハロゲンペロブスカイト類を溶媒に溶解または分散させた組成物として湿式法により形成する場合、種々の有機溶剤を用いて塗布用組成物とすることが出来る。前記組成物に用いることが出来る有機溶剤としては、ベンゼン、トルエン、キシレン、メシチレン、テトラヒドロフラン、ジオキサン、エタノール、メタノール、n-プロパノール、イソプロパノール、n-ブタノール、t-ブタノール、アセトニトリル、ジメチルスルホキシド、ジメチルホルムアミド、クロロホルム、メチレンクロライド、四塩化炭素、酢酸エチル、ヘキサン、シクロヘキサン等種々の有機溶剤を用いることが出来る。特に、ベンゼン、トルエン、キシレン、メシチレン等の低極性なベンゼン誘導体を用いることで、好適な濃度の溶液を作ることが出来、また、インク中に含まれる材料が酸化などにより劣化することを防止できるため好ましい。また、作製後の膜の均一性や膜厚の均一性を考慮すると沸点が100℃以上であることが好ましく、トルエン、キシレン、メシチレンが更に好ましい。

[0134]

なお、上記構成は、他の実施の形態や本実施の形態中の他の構成と適宜組み合わせることが可能である。

[0135]

続いて、複数の発光ユニットを積層した構成の発光素子（積層型素子ともいう）の態様について、図2（C）を参照して説明する。この発光素子は、陽極と陰極との間に、複数の発光ユニットを有する発光素子である。一つの発光ユニットは、図2（A）で示したEL層103と同様な構成を有する。つまり、図2（A）又は図2（B）で示した発光素子は、1つの発光ユニットを有する発光素子であ

り、図 2 (C) で示した発光素子は複数の発光ユニットを有する発光素子であることができる。

[0136]

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

[0137]

電荷発生層 513 は、陽極 501 と陰極 502 に電圧を印加したときに、一方の発光ユニットに電子を注入し、他方の発光ユニットに正孔を注入する機能を有する。すなわち、図 2 (C) において、電圧を印加した場合、電荷発生層 513 は、第 1 の発光ユニット 511 に電子を注入し、第 2 の発光ユニット 512 に正孔を注入するものであればよい。

[0138]

電荷発生層 513 は、図 2 (B) にて説明した電荷発生層 116 と同様の構成で形成することが好ましい。有機化合物と金属酸化物の複合材料は、キャリア注入性、キャリア輸送性に優れているため、低電圧駆動、低電流駆動を実現することができる。なお、発光ユニットの陽極側の面が電荷発生層 513 に接している場合は、電荷発生層 513 が発光ユニットの正孔注入層の役割も担うことができるため、発光ユニットは正孔注入層を設けなくとも良い。

[0139]

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

[0140]

図 2 (C) では、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。このように、一対の電極間に複数の発光ユニットを電荷発生層 513 で仕切って配置することで、電流密度を低く保ったまま、高輝度発光を可能とし、さらに長寿命な素子を実現できる。また、低電圧駆動が可能で消費電力が低い発光装置を実現することができる。

[0141]

また、それぞれの発光ユニットの発光色を異なるものにすることで、発光素子全体として、所望の色の発光を得ることができる。例えば、2 つの発光ユニットを形成し、第 1 の発光ユニットでは青色の蛍光発光を、第 2 の発光ユニットでは緑色と赤色のりん光発光を得ることによって、演色性の高い白色発光を得ることができる。また、3 つの発光ユニットを形成し、第 1 の発光ユニットで青色の蛍光発光を、第 2 の発光ユニットで黄色のりん光発光を、第 3 の発光ユニットで青色の蛍光発光を得ることによって、非常に効率の高い白色発光を得ることができる。

[0142]

(実施の形態 2)

本実施の形態では、実施の形態 1 に記載の発光素子を用いた発光装置について説明する。

[0143]

本発明の一態様の発光装置について図5を用いて説明する。なお、図5（A）は、発光装置を示す上面図、図5（B）は図5（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（ソース線駆動回路）601、画素部602、駆動回路部（ゲート線駆動回路）603を含んでいる。また、604は封止基板、605はシール材であり、シール材605で囲まれた内側は、空間607になっている。

[0144]

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

[0145]

次に、断面構造について図5（B）を用いて説明する。素子基板610上には駆動回路部及び画素部が形成されているが、ここでは、駆動回路部であるソース線駆動回路601と、画素部602中の一つの画素が示されている。

[0146]

なお、ソース線駆動回路601はnチャネル型FET623とpチャネル型FET624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回路もしくはNMOS回路で形成しても良い。また、本実施の形態では、基板上に駆動回路を形成したドライバ一体型を示すが、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。

[0147]

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

[0148]

FETに用いる半導体の種類及び結晶性については特に限定されず、非晶質半導体を用いてもよいし、結晶性半導体を用いてもよい。FETに用いる半導体の例としては、第13族半導体、第14族半導体、半導体、化合物半導体、酸化物半導体、有機半導体材料を用いることができるが、特に、酸化物半導体を用いると好ましい。該酸化物半導体としては、例えば、In－Ga酸化物、In－M－Zn酸化物（Mは、Al、Ga、Y、Zr、La、Ce、またはNd）等が挙げられる。なお、エネルギーギャップが2eV以上、好ましくは2.5eV以上、さらに好ましくは3eV以上の酸化物半導体材料を用いることで、トランジスタのオフ電流を低減することができるため、好ましい構成である。

[0149]

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

[0150]

また、被覆性を良好なものとするため、絶縁物614の上端部または下端部に曲率を有する曲面が形成されるようにする。例えば、絶縁物614の材料としてポジ型の感光性アクリルを用いた場合、

絶縁物 614 の上端部のみに曲率半径 ($0.2\ \mu\text{m}$ 乃至 $3\ \mu\text{m}$) を有する曲面を持たせることが好ましい。また、絶縁物 614 として、ネガ型の感光性樹脂、或いはポジ型の感光性樹脂のいずれも使用することができる。

[0151]

陽極 613 上には、EL 層 616 及び陰極 617 がそれぞれ形成されている。これらはそれぞれ図 2 (A) で説明した陽極 101、EL 層 103 及び陰極 102 又は図 2 (C) で説明した陽極 501、EL 層 (第 1 の発光ユニット 511、電荷発生層 513 および第 2 の発光ユニット 512) 及び陰極 502 に相当する。

[0152]

さらにシール材 605 で封止基板 604 を素子基板 610 と貼り合わせることにより、素子基板 610、封止基板 604、およびシール材 605 で囲まれた空間 607 に発光素子 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、シール材 605 で充填される場合もある。封止基板には凹部を形成し、そこに乾燥材を設けると水分の影響による劣化を抑制することができ、好ましい構成である。

[0153]

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、素子基板 610 及び封止基板 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。

[0154]

例えば、本明細書等において、様々な基板を用いて、トランジスタや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)、ポリエーテルサルフォン (PES) に代表されるプラスチックがある。または、一例としては、アクリル等の合成樹脂などがある。または、一例としては、ポリテトラフルオロエチレン (PTFE)、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。特に、半導体基板、単結晶基板、又は SOI 基板などを用いてトランジスタを製造することによって、特性、サイズ、又は形状などのばらつきが少なく、電流能力が高く、サイズの小さいトランジスタを製造することができる。このようなトランジスタによって回路を構成すると、回路の低消費電力化、又は回路の高集積化を図ることができる。

[0155]

また、基板として、可撓性基板を用い、可撓性基板上に直接、トランジスタや発光素子を形成してもよい。または、基板とトランジスタの間や、基板と発光素子の間に剥離層を設けてもよい。剥離層

は、その上に半導体装置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、トランジスタは耐熱性の劣る基板や可撓性の基板にも転載できる。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有機樹脂膜が形成された構成等を用いることができる。

[0156]

つまり、ある基板を用いてトランジスタや発光素子を形成し、その後、別の基板にトランジスタや発光素子を転置し、当該基板上にトランジスタや発光素子を配置してもよい。トランジスタや発光素子が転置される基板の一例としては、上述したトランジスタを形成することが可能な基板に加え、紙基板、セロファン基板、アラミドフィルム基板、ポリイミドフィルム基板、石材基板、木材基板、布基板（天然繊維（絹、綿、麻）、合成繊維（ナイロン、ポリウレタン、ポリエステル）若しくは再生繊維（アセテート、キュプラ、レーヨン、再生ポリエステル）などを含む）、皮革基板、又はゴム基板などがある。これらの基板を用いることにより、特性のよいトランジスタの形成、消費電力の小さいトランジスタの形成、壊れにくい装置の製造、耐熱性の付与、軽量化、又は薄型化を図ることができる。

[0157]

図6には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）等を設けることによってフルカラー化した発光装置の例を示す。図6（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、発光素子の陽極1024W、1024R、1024G、1024B、隔壁1025、EL層1028、発光素子の陰極1029、封止基板1031、シール材1032などが図示されている。

[0158]

また、図6（A）では着色層（赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B）は透明な基材1033に設けている。また、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、オーバーコート層で覆われている。また、図6（A）においては、光が着色層を透過せずに外部へと出る発光層と、各色の着色層を透過して外部に光が出る発光層とがあり、着色層を透過しない光は白、着色層を透過する光は赤、青、緑となることから、4色の画素で映像を表現することができる。

[0159]

図6（B）では着色層（赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B）をゲート絶縁膜1003と第1の層間絶縁膜1020との間に形成する例を示した。このように、着色層は基板1001と封止基板1031の間に設けられていても良い。

[0160]

また、以上に説明した発光装置では、FETが形成されている基板1001側に光を取り出す構造（ボトムエミッション型）の発光装置としたが、封止基板1031側に発光を取り出す構造（トップエミッション型）の発光装置としても良い。トップエミッション型の発光装置の断面図を図7に示す。この場合、基板1001は光を通さない基板を用いることができる。FETと発光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。

[0161]

発光素子の陽極1024W、1024R、1024G、1024Bはここでは陽極とするが、陰極であっても構わない。また、図7のようなトップエミッション型の発光装置である場合、陽極を反射電極とすることが好ましい。EL層1028の構成は、図2(A)のEL層103または図2(C)のEL層(第1の発光ユニット511、第2の発光ユニット512および電荷発生層513)として説明したような構成とし、且つ、白色の発光が得られるような素子構造とする。

[0162]

図7のようなトップエミッションの構造では着色層(赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B)を設けた封止基板1031で封止を行うことができる。封止基板1031には画素と画素との間に位置するように黒色層(ブラックマトリックス)1035を設けても良い。着色層(赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B)や黒色層はオーバーコート層によって覆われていても良い。なお封止基板1031は透光性を有する基板を用いることとする。

[0163]

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色や赤、緑、青、黄の4色でフルカラー表示を行ってもよい。

[0164]

図8には本発明の一態様であるパッシブマトリクス型の発光装置を示す。なお、図8(A)は、発光装置を示す斜視図、図8(B)は図8(A)をX-Yで切断した断面図である。図8において、基板951上には、電極952と電極956との間にはEL層955が設けられている。電極952の端部は絶縁層953で覆われている。そして、絶縁層953上には隔壁層954が設けられている。隔壁層954の側壁は、基板面に近くなるに伴って、一方の側壁と他方の側壁との間隔が狭くなっていくような傾斜を有する。つまり、隔壁層954の短辺方向の断面は、台形状であり、底辺(絶縁層953の面方向と同様の方向を向き、絶縁層953と接する辺)の方が上辺(絶縁層953の面方向と同様の方向を向き、絶縁層953と接しない辺)よりも短い。このように、隔壁層954を設けることで、静電気等に起因した発光素子の不良を防ぐことが出来る。

[0165]

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

[0166]

《照明装置》

本発明の一態様である照明装置を図9を参照しながら説明する。図9(B)は照明装置の上面図、図9(A)は図9(B)におけるe-f断面図である。

[0167]

当該照明装置は、支持体である透光性を有する基板400上に、陽極401が形成されている。陽極401は図2(A)、(B)の陽極101に相当する。陽極401側から発光を取り出す場合、陽極401は透光性を有する材料により形成する。

[0168]

陰極404に電圧を供給するためのパッド412が基板400上に形成される。

[0169]

陽極401上にはEL層403が形成されている。EL層403は図2(A)、(B)のEL層103などに相当する。なお、これらの構成については当該記載を参照されたい。

[0170]

EL層403を覆って陰極404を形成する。陰極404は図2(A)の陰極102に相当する。発光を陽極401側から取り出す場合、陰極404は反射率の高い材料を含んで形成される。陰極404はパッド412と接続することによって、電圧が供給される。

[0171]

陽極401、EL層403及び陰極404によって発光素子が形成される。当該発光素子を、シール材405、406を用いて封止基板407を固着し、封止することによって照明装置が完成する。シール材405、406はどちらか一方でもかまわない。また、内側のシール材406(図9(B)では図示せず)には乾燥剤を混ぜることもでき、これにより、水分を吸着することができ、信頼性の向上につながる。

[0172]

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

[0173]

《電子機器》

本発明の一態様である電子機器の例について説明する。電子機器として、例えば、テレビジョン装置(テレビ、またはテレビジョン受信機ともいう)、コンピュータ用などのモニタ、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラ、デジタルフォトフレーム、携帯電話機(携帯電話、携帯電話装置ともいう)、携帯型ゲーム機、携帯情報端末、音響再生装置、パチンコ機などの大型ゲーム機などが挙げられる。これらの電子機器の具体例を以下に示す。

[0174]

図10(A)は、テレビジョン装置の一例を示している。テレビジョン装置は、筐体7101に表示部7103が組み込まれている。また、ここでは、スタンド7105により筐体7101を支持した構成を示している。表示部7103により、映像を表示することが可能であり、表示部7103は、発光素子をマトリクス状に配列して構成されている。

[0175]

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

[0176]

なお、テレビジョン装置は、受信機やモデムなどを備えた構成とする。受信機により一般のテレビ放送の受信を行うことができ、さらにモデムを介して有線または無線による通信ネットワークに接続す

ることにより、一方向（送信者から受信者）または双方向（送信者と受信者間、あるいは受信者間同士など）の情報通信を行うことも可能である。

[0177]

図10（B1）はコンピュータであり、本体7201、筐体7202、表示部7203、キーボード7204、外部接続ポート7205、ポインティングデバイス7206等を含む。なお、このコンピュータは、発光素子をマトリクス状に配列して表示部7203に用いることにより作製される。図10（B1）のコンピュータは、図10（B2）のような形態であっても良い。図10（B2）のコンピュータは、キーボード7204、ポインティングデバイス7206の代わりに第2の表示部7210が設けられている。第2の表示部7210はタッチパネル式となっており、第2の表示部7210に表示された入力用の表示を指や専用のペンで操作することによって入力を行うことができる。また、第2の表示部7210は入力用表示だけでなく、その他の画像を表示することも可能である。また表示部7203もタッチパネルであっても良い。二つの画面がヒンジで接続されていることによって、収納や運搬をする際に画面を傷つける、破損するなどのトラブルの発生も防止することができる。

[0178]

図10（C）（D）は、携帯情報端末の一例を示している。携帯情報端末は、筐体7401に組み込まれた表示部7402の他、操作ボタン7403、外部接続ポート7404、スピーカ7405、マイク7406などを備えている。なお、携帯情報端末は、発光素子をマトリクス状に配列して作製された表示部7402を有している。

[0179]

図10（C）及び（D）に示す携帯情報端末は、表示部7402を指などで触れることで、情報を入力することができる構成とすることもできる。この場合、電話を掛ける、或いはメールを作成するなどの操作は、表示部7402を指などで触れることにより行うことができる。

[0180]

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

[0181]

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

[0182]

また、携帯電話機内部に、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、携帯電話機の向き（縦か横か）を判断して、表示部7402の画面表示を自動的に切り替えるようにすることができる。

[0183]

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

[0184]

また、入力モードにおいて、表示部 7 4 0 2 の光センサで検出される信号を検知し、表示部 7 4 0 2 のタッチ操作による入力が一定期間ない場合には、画面のモードを入力モードから表示モードに切り替えるように制御してもよい。

[0 1 8 5]

表示部 7 4 0 2 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 7 4 0 2 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、表示部に近赤外光を発光するバックライトまたは近赤外光を発光するセンシング用光源を用いれば、指静脈、掌静脈などを撮像することもできる。

[0 1 8 6]

なお、上記電子機器は、本明細書中に示した構成を適宜組み合わせて用いることができる。

[0 1 8 7]

また、表示部に本発明の一態様の発光素子を用いることが好ましい。当該発光素子は発光効率が良好な発光素子とすることが可能である。また、駆動電圧の小さい発光素子とすることが可能である。このため、本発明の一態様の発光素子を含む電子機器は消費電力の小さい電子機器とすることができ。

[0 1 8 8]

図 1 1 は、発光素子をバックライトに適用した液晶表示装置の一例である。図 1 1 に示した液晶表示装置は、筐体 9 0 1、液晶層 9 0 2、バックライトユニット 9 0 3、筐体 9 0 4 を有し、液晶層 9 0 2 は、ドライバ IC 9 0 5 と接続されている。バックライトユニット 9 0 3 には、発光素子が用いられおり、端子 9 0 6 により、電流が供給されている。

[0 1 8 9]

発光素子には本発明の一態様の発光素子を用いることが好ましく、当該発光素子を液晶表示装置のバックライトに適用することにより、消費電力の低減されたバックライトが得られる。

[0 1 9 0]

図 1 2 は、本発明の一態様である電気スタンドの例である。図 1 2 に示す電気スタンドは、筐体 2 0 0 1 と、光源 2 0 0 2 を有し、光源 2 0 0 2 として発光素子を用いた照明装置が用いられている。

[0 1 9 1]

図 1 3 は、室内の照明装置 3 0 0 1 の例である。当該照明装置 3 0 0 1 には本発明の一態様の発光素子を用いることが好ましい。

[0 1 9 2]

本発明の一態様である自動車を図 1 4 に示す。当該自動車はフロントガラスやダッシュボードに発光素子が搭載されている。表示領域 5 0 0 0 乃至表示領域 5 0 0 5 は発光素子を用いて設けられた表示領域である。本発明の一態様の発光素子を用いることが好ましく、これにより表示領域 5 0 0 0 乃至表示領域 5 0 0 5 は消費電力を抑えられるため、車載に好適である。

[0 1 9 3]

表示領域 5 0 0 0 と表示領域 5 0 0 1 は、自動車のフロントガラスに設けられた、発光素子を用いる表示装置である。この発光素子を、第 1 の電極と第 2 の電極を透光性を有する電極で作製することによって、反対側が透けて見える、いわゆるシースルー状態の表示装置とすることができ。シースルー状態の表示であれば、自動車のフロントガラスに設置したとしても、視界の妨げになることなく設置することができる。なお、駆動のためのトランジスタなどを設ける場合には、有機半導体材料による有機トランジスタや、酸化物半導体を用いたトランジスタなど、透光性を有するトランジスタを

用いると良い。

[0194]

表示領域5002はピラー部分に設けられた発光素子を用いる表示装置である。表示領域5002には、車体に設けられた撮像手段からの映像を映し出すことによって、ピラーで遮られた視界を補完することができる。また、同様に、ダッシュボード部分に設けられた表示領域5003は車体によって遮られた視界を、自動車の外側に設けられた撮像手段からの映像を映し出すことによって、死角を補い、安全性を高めることができる。見えない部分を補完するように映像を映すことによって、より自然に違和感なく安全確認を行うことができる。

[0195]

表示領域5004や表示領域5005はナビゲーション情報、速度計や回転数、走行距離、給油量、ギア状態、空調の設定など、その他様々な情報を提供することができる。表示は使用者の好みに合わせて適宜その表示項目やレイアウトを変更することができる。なお、これら情報は表示領域5000乃至表示領域5003にも設けることができる。また、表示領域5000乃至表示領域5005は照明装置として用いることも可能である。

[0196]

図15(A)及び図15(B)は2つ折り可能なタブレット型端末の一例である。図15(A)は、開いた状態であり、タブレット型端末は、筐体9630、表示部9631a、表示部9631b、表示モード切り替えスイッチ9034、電源スイッチ9035、省電力モード切り替えスイッチ9036、留め具9033、操作スイッチ9038、を有する。なお、当該タブレット端末は、本発明の一態様の発光素子を備えた発光装置を表示部9631a、表示部9631bの一方又は両方に用いることにより作製される。

[0197]

表示部9631aは、一部をタッチパネル領域9632aとすることができ、表示された操作キー9637にふれることでデータ入力を行うことができる。なお、表示部9631aにおいては、一例として半分の領域が表示のみの機能を有する構成、もう半分の領域がタッチパネルの機能を有する構成を示しているが該構成に限定されない。表示部9631aの全ての領域がタッチパネルの機能を有する構成としても良い。例えば、表示部9631aの全面をキーボードボタン表示させてタッチパネルとし、表示部9631bを表示画面として用いることができる。

[0198]

また、表示部9631bにおいても表示部9631aと同様に、表示部9631bの一部をタッチパネル領域9632bとすることができる。また、タッチパネルのキーボード表示切り替えボタン9639が表示されている位置に指やスタイラスなどでふれることで表示部9631bにキーボードボタンを表示することができる。

[0199]

また、タッチパネル領域9632aとタッチパネル領域9632bに対して同時にタッチ入力することもできる。

[0200]

また、表示モード切り替えスイッチ9034は、縦表示または横表示などの表示の向きを切り替え、白黒表示やカラー表示の切り替えなどを選択できる。省電力モード切り替えスイッチ9036は、タブレット型端末に内蔵している光センサで検出される使用時の外光の光量に応じて表示の輝度を最

適なものとする事ができる。タブレット型端末は光センサだけでなく、ジャイロ、加速度センサ等の傾きを検出するセンサなどの他の検出装置を内蔵させてもよい。

[0201]

また、図15(A)では表示部9631bと表示部9631aの表示面積が同じ例を示しているが特に限定されず、一方のサイズともう一方のサイズが異なってもよく、表示の品質も異なってもよい。例えば一方が他方よりも高精細な表示を行える表示パネルとしてもよい。

[0202]

図15(B)は、閉じた状態であり、本実施の形態におけるタブレット型端末では、筐体9630、太陽電池9633、充放電制御回路9634、バッテリー9635、DCDCコンバータ9636を備える例を示す。なお、図15(B)では充放電制御回路9634の一例としてバッテリー9635、DCDCコンバータ9636を有する構成について示している。

[0203]

なお、タブレット型端末は2つ折り可能なため、未使用時に筐体9630を閉じた状態にすることができる。従って、表示部9631a、表示部9631bを保護できるため、耐久性に優れ、長期使用の観点からも信頼性の優れたタブレット型端末を提供できる。

[0204]

また、この他にも図15(A)及び図15(B)に示したタブレット型端末は、様々な情報(静止画、動画、テキスト画像など)を表示する機能、カレンダー、日付又は時刻などを表示部に表示する機能、表示部に表示した情報をタッチ入力操作又は編集するタッチ入力機能、様々なソフトウェア(プログラム)によって処理を制御する機能、等を有することができる。

[0205]

タブレット型端末の表面に装着された太陽電池9633によって、電力をタッチパネル、表示部、または映像信号処理部等に供給することができる。なお、太陽電池9633は、筐体9630の一面または二面に設けられていると効率的なバッテリー9635の充電を行う構成とすることができるため好適である。

[0206]

また、図15(B)に示す充放電制御回路9634の構成、及び動作について図15(C)にブロック図を示し説明する。図15(C)には、太陽電池9633、バッテリー9635、DCDCコンバータ9636、コンバータ9638、スイッチSW1乃至SW3、表示部9631について示しており、バッテリー9635、DCDCコンバータ9636、コンバータ9638、スイッチSW1乃至SW3が、図11(B)に示す充放電制御回路9634に対応する箇所となる。

[0207]

まず外光により太陽電池9633により発電がされる場合の動作の例について説明する。太陽電池で発電した電力は、バッテリー9635を充電するための電圧となるようDCDCコンバータ9636で昇圧または降圧がなされる。そして、表示部9631の動作に太陽電池9633で充電された電力が用いられる際にはスイッチSW1をオンにし、コンバータ9638で表示部9631に必要な電圧に昇圧または降圧をすることとなる。また、表示部9631での表示を行わない際には、SW1をオフにし、SW2をオンにしてバッテリー9635の充電を行う構成とすればよい。

[0208]

なお、太陽電池9633については、発電手段の一例として示したが、発電手段は特に限定されず、

圧電素子（ピエゾ素子）や熱電変換素子（ペルティエ素子）などの他の発電手段によってバッテリー 9 6 3 5 の充電を行う構成であってもよい。無線（非接触）で電力を送受信して充電する無接点電力伝送モジュールや、また他の充電手段を組み合わせで行う構成としてもよく、発電手段を有さなくとも良い。

[0209]

また、上記表示部 9 6 3 1 を具備していれば、図 1 5 に示した形状のタブレット型端末に限定されない。

[0210]

また、図 1 6 (A) ~ (C) に、折りたたみ可能な携帯情報端末 9 3 1 0 を示す。図 1 6 (A) に展開した状態の携帯情報端末 9 3 1 0 を示す。図 1 6 (B) に展開した状態又は折りたたんだ状態の一方から他方に変化する途中の状態の携帯情報端末 9 3 1 0 を示す。図 1 6 (C) に折りたたんだ状態の携帯情報端末 9 3 1 0 を示す。携帯情報端末 9 3 1 0 は、折りたたんだ状態では可搬性に優れ、展開した状態では、継ぎ目のない広い表示領域により表示の一覧性に優れる。

[0211]

表示パネル 9 3 1 1 はヒンジ 9 3 1 3 によって連結された 3 つの筐体 9 3 1 5 に支持されている。なお、表示パネル 9 3 1 1 は、タッチセンサ（入力装置）を搭載したタッチパネル（入出力装置）であってもよい。また、表示パネル 9 3 1 1 は、ヒンジ 9 3 1 3 を介して 2 つの筐体 9 3 1 5 間を屈曲させることにより、携帯情報端末 9 3 1 0 を展開した状態から折りたたんだ状態に可逆的に変形させることができる。本発明の一態様の発光装置を表示パネル 9 3 1 1 に用いることができる。表示パネル 9 3 1 1 における表示領域 9 3 1 2 は折りたたんだ状態の携帯情報端末 9 3 1 0 の側面に位置する表示領域である。表示領域 9 3 1 2 には、情報アイコンや使用頻度の高いアプリやプログラムのショートカットなどを表示させることができ、情報の確認やアプリなどの起動をスムーズに行うことができる。

[実施例 1]

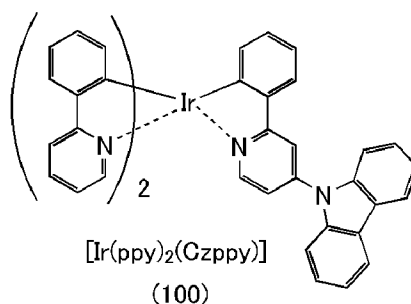
[0212]

《合成例 1》

本実施例では、本発明の一態様の発光素子用材料の合成方法について詳しく説明する。本実施例では、イリジウムを中心金属とし、正孔輸送性を有する第 1 の骨格と、発光性を有する第 2 の骨格と、を有する配位子を有する有機金属錯体である、 $[2 - \{(9H\text{-カルバゾール}-9\text{-イル}) - 2\text{-ピリジニル}-\kappa N\} \text{フェニル}-\kappa C] \text{ビス} [2 - (2\text{-ピリジニル}-\kappa N) \text{フェニル}-\kappa C]$ イリジウム (I I I) (略称: $[Ir(ppy)_2(Czppy)]$) の合成例を具体的に例示する。 $[Ir(ppy)_2(Czppy)]$ の構造を以下に示す。

[0213]

[化8]



[0214]

なお、上記 $[Ir(ppy)_2(Czppy)]$ において、カルバゾール骨格が正孔輸送性を有する第1の骨格に相当し、2-ピリジルフェニル骨格が発光性を有する第2の骨格に相当する。

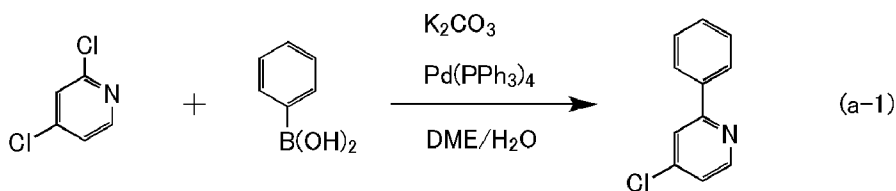
[0215]

<ステップ1：4-クロロ-2-フェニルピリジンの合成>

まず、2,4-ジクロロピリジン12g、フェニルボロン酸9.9g、炭酸カリウム34g、DME400mL、水240mLを、還流管を付けた三口フラスコに入れ、フラスコ内を窒素置換した。さらにテトラキス(トリフェニルホスフィン)パラジウム(0)0.94gを加え、マイクロ波(2.45GHz、400W)を2時間照射した。反応後、酢酸エチルによる抽出を行った。その後、ジクロロメタンを展開溶媒としたシリカゲルカラムクロマトグラフィーにて精製することにより、目的物を12g(収率80%、黄色油状物)得た。ステップ1の合成スキームを下記(a-1)に示す。

[0216]

[化9]



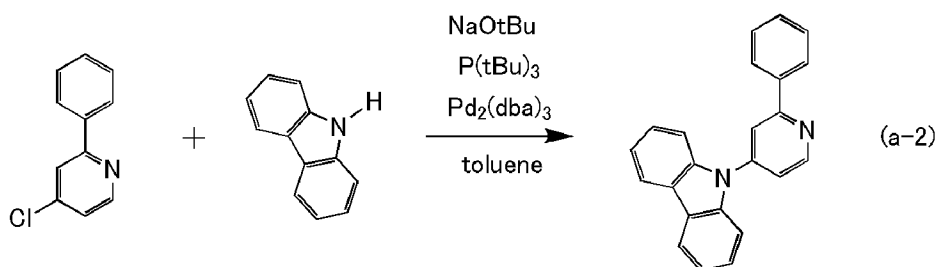
[0217]

<ステップ2：9-(2-フェニルピリジン-4-イル)-9H-カルバゾール(略称：HCzppy)の合成>

次に、上記ステップ1で得た4-クロロ-2-フェニルピリジン12g、9H-カルバゾール13g、ナトリウム-tert-ブトキシド(略称：tert-BuONa)11gを、還流管を付けた三口フラスコに入れ、フラスコ内を窒素置換した。さらにトルエン280mL、トリ-tert-ブチルホスフィン1.3g、トリス(ジベンジリデンアセトン)ジパラジウム(0)(略称：Pd₂(dba)₃)3.0gを加え、120℃にて5時間加熱攪拌した。得られた反応物をろ過し、ろ液の溶媒を留去し、ジクロロメタン：ヘキサン=1：1を展開溶媒としたシリカゲルカラムクロマトグラフィーにて精製することにより、目的物を11g(収率53%、黄色油状物)得た。ステップ2の合成スキームを下記(a-2)に示す。

[0218]

[化 10]



[0219]

<ステップ3: [Ir(ppy)₂(Czppy)] の合成>

次に、ジ-μ-クロロテトラキス{2-[2-ピリジニル-κN]フェニル-κC}ジイリジウム(I I I) (略称: [Ir(ppy)₂Cl]₂) 2.8 g とジクロロメタン 200 mL を三口フラスコに入れフラスコ内を窒素置換した。ここに、銀トリフラート 2.0 g とメタノール 40 mL の混合液を滴下し、室温にて 20 時間攪拌した。得られた混合物を、セライトを通した後、濃縮し、固体を得た。

[0220]

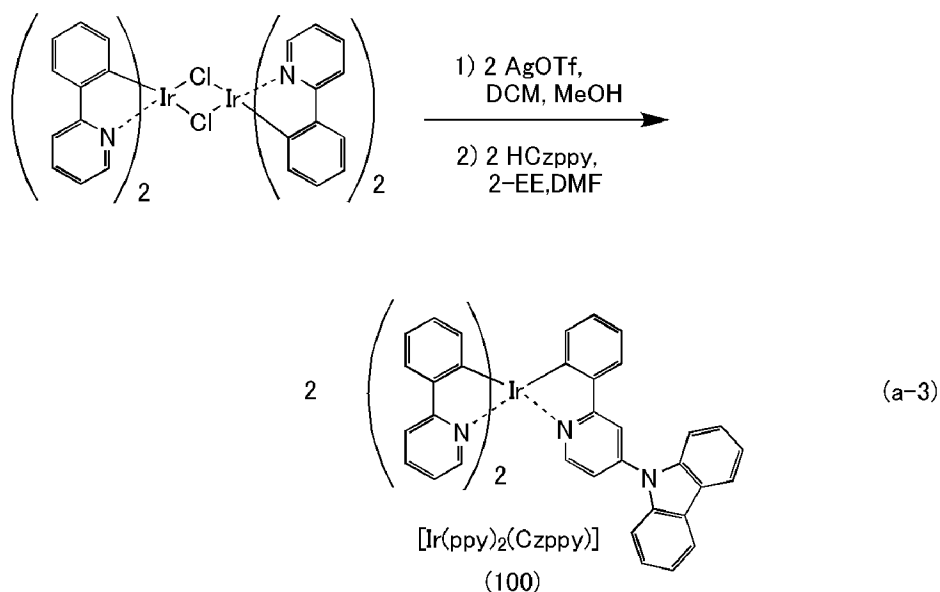
この固体に上記ステップ2で得たHCzppy 2.2 g、2-エトキシエタノール(略称: 2-EE) 50 mL、N,N-ジメチルホルムアミド(略称: DMF) 50 mL を加え、窒素雰囲気下にて 17 時間還流させた。得られた混合物を濃縮し、ジクロロメタン:ヘキサン=1:1 から徐々にヘキサンの割合を減らして最終的にジクロロメタンのみを展開溶媒としたシリカゲルカラムクロマトグラフィーにて精製した。その後、さらにクロロホルム:ヘキサン=3:2 を展開溶媒としたシリカゲルカラムクロマトグラフィーにて精製した。得られた溶液を濃縮し、ジクロロメタンとメタノールの混合溶媒にて再結晶することにより、本発明の一態様である有機金属錯体、[Ir(ppy)₂(Czppy)] を橙色固体として得た(収率: 19%)。

[0221]

得られた橙色固体 0.52 g を、トレインサブリメーション法により昇華精製した。昇華精製条件は、圧力 2.6 Pa にて、アルゴン流量 5 mL/min、300°C で固体を加熱した。昇華精製後、目的物の橙色固体を収率 74% で得た。ステップ3の合成スキームを下記(a-3)に示す。

[0222]

[化 1 1]



[0 2 2 3]

なお、上記ステップ 3 で得られた橙色固体の核磁気共鳴分光法 ($^1\text{H-NMR}$) による分析結果を下記に示す。また、 $^1\text{H-NMR}$ チャートを図 1 7 に示す。この結果から、本合成例において、上述の構造式 (1 0 0) で表される本発明の一態様である有機金属錯体、 $[\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{Czppy})]$ が得られたことがわかった。

[0 2 2 4]

$^1\text{H-NMR}$. δ (CDCl_3): 6. 85–6. 98 (m, 11 H)、7. 20 (dd, 1 H)、7. 32–7. 35 (t, 2 H)、7. 42–7. 45 (t, 2 H)、7. 59–7. 65 (m, 6 H)、7. 67 (d, 1 H)、7. 70–7. 72 (t, 3 H)、7. 92 (dd, 2 H)、8. 13–8. 16 (t, 3 H)。

[0 2 2 5]

次に、 $[\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{Czppy})]$ のジクロロメタン脱酸素溶液の紫外可視吸収スペクトル (以下、単に「吸収スペクトル」という) 及び発光スペクトルを測定した。吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計 ((株) 日本分光製 V 5 5 0 型) を用い、ジクロロメタン溶液 (0. 0 1 0 mmol/L) を石英セルに入れ、室温で測定を行った。また、発光スペクトルの測定には、絶対 PL 量子収率測定装置 ((株) 浜松ホトニクス製 C 1 1 3 4 7-0 1) を用い、グローブボックス ((株) ブライト製 LABstar M13 (1 2 5 0/7 8 0)) にて、窒素雰囲気下でジクロロメタン脱酸素溶液 (0. 0 1 0 mmol/L) を石英セルに入れ、密栓し、室温で測定を行った。

[0 2 2 6]

得られた吸収スペクトル及び発光スペクトルの測定結果を図 1 8 に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度および発光強度を表す。また、図 1 8 において 2 本の実線が示されているが、細い実線は吸収スペクトルを示し、太い実線は発光スペクトルを示している。図 1 8 に示す吸収スペクトルは、ジクロロメタン溶液 (0. 0 1 0 mmol/L) を石英セルに入れて測定した吸収スペクトルから、ジクロロメタンのみを石英セルに入れて測定した吸収スペクトルを差し引いた結果を示している。

[0 2 2 7]

図18に示す通り、本発明の一態様である有機金属錯体、 $[\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{Czppy})]$ は、537nmに発光ピークを有しており、ジクロロメタン溶液からは黄緑色の発光が観測された。

[実施例2]

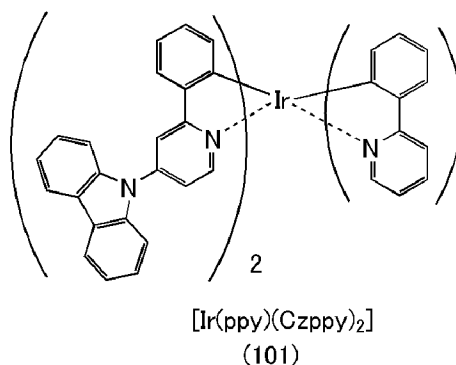
[0228]

《合成例2》

本実施例では、本発明の一態様の発光素子用材料の合成方法について詳しく説明する。本実施例では、イリジウムを中心金属とし、正孔輸送性を有する第1の骨格と、発光性を有する第2の骨格と、を有する配位子を有する有機金属錯体である、ビス[2-{4-(9H-カルバゾール-9-イル)-2-ピリジニル- κ N}フェニル- κ C][2-(2-ピリジニル- κ N)フェニル- κ C]イリジウム(III) (略称: $[\text{Ir}(\text{ppy})(\text{Czppy})_2]$)の合成例を具体的に例示する。 $[\text{Ir}(\text{ppy})(\text{Czppy})_2]$ の構造を以下に示す。

[0229]

[化12]



[0230]

なお、上記 $[\text{Ir}(\text{ppy})(\text{Czppy})_2]$ において、カルバゾール骨格が正孔輸送性を有する第1の骨格に相当し、2-ピリジルフェニル骨格が発光性を有する第2の骨格に相当する。

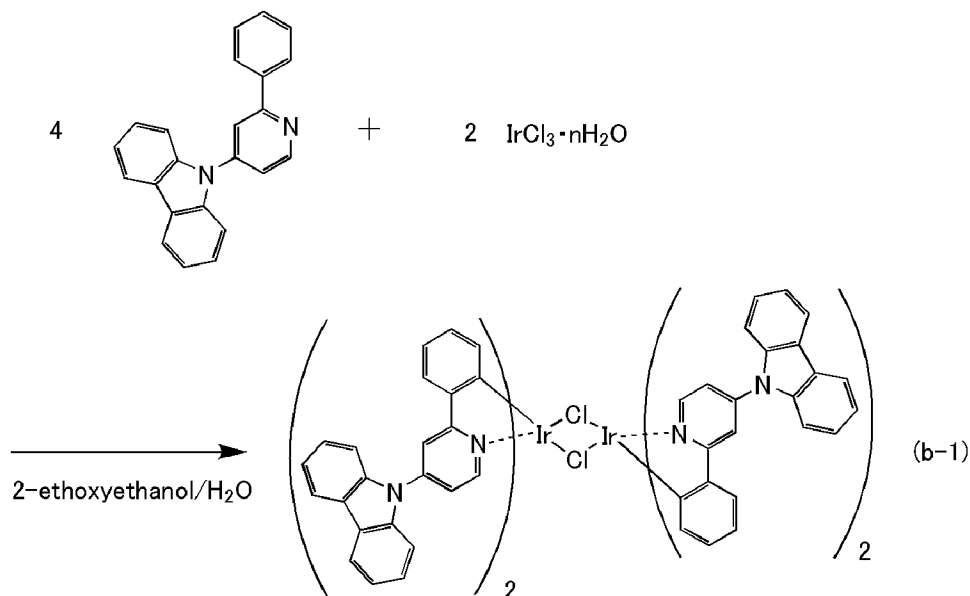
[0231]

＜ステップ1：ジ- μ -クロロテトラキス[4-(9H-カルバゾール-9-イル)-2-ピリジニル- κ N]フェニル- κ C]ジイリジウム(III) (略称: $[\text{Ir}(\text{Czppy})_2\text{Cl}]_2$)の合成＞

まず、HCzppy 6.1g、塩化イリジウム(III)水和物 2.9g、2-エトキシエタノール 90mL、水 30mLを、還流管を付けた丸底フラスコに入れ、アルゴンバブリングをしながらマイクロ波(2.45GHz、200W)を2時間照射した。得られた混合物をろ過し、メタノールにて洗浄することにより、目的物を6.3g(収率76%、黄色固体)得た。また、ステップ1の合成スキームを下記(b-1)に示す。

[0232]

[化 1 3]



[0233]

<ステップ2 : $[\text{Ir}(\text{ppy})(\text{Czppy})_2]$ の合成>

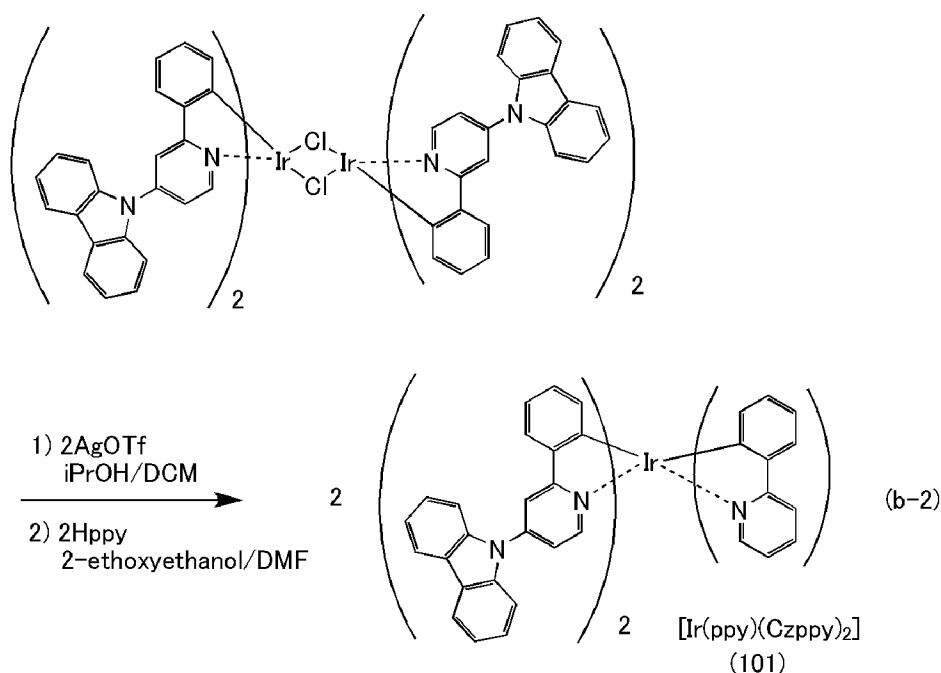
次に、上記ステップ1で得た $[\text{Ir}(\text{Czppy})_2\text{Cl}]_2$ 、4.3 g とジクロロメタン（略称：DCM）250 mL を三口フラスコに入れフラスコ内を窒素置換した。ここに、銀トリフラート1.9 g とイソプロパノール40 mL の混合液を滴下し、室温にて20時間攪拌した。得られた混合物を、セライトを通した後、濃縮し、固体を得た。この固体に2-フェニルピリジン（略称：Hppy）1.6 g、2-エトキシエタノール50 mL、N,N-ジメチルホルムアミド（略称：DMF）50 mL を加え、窒素雰囲気下にて17時間還流させた。

[0234]

得られた混合物を濃縮し、ジクロロメタン：ヘキサン＝1：1を展開溶媒としたシリカゲルカラムクロマトグラフィーにて精製した。さらにクロロホルム：ヘキサン＝3：2を展開溶媒としたシリカゲルカラムクロマトグラフィーにて精製した。得られた溶液を濃縮し、ジクロロメタンとメタノールにて再結晶することにより、 $[\text{Ir}(\text{ppy})(\text{Czppy})_2]$ を橙色固体として得た（収率：7%）。また、ステップ2の合成スキームを下記（b-2）に示す。

[0235]

[化 1 4]



[0 2 3 6]

なお、上記ステップ 2 で得られた橙色固体の核磁気共鳴分光法 (^1H -NMR) による分析結果を下記に示す。また、 ^1H -NMR チャートを図 19 に示す。この結果から、本合成例 2 において、上述の構造式 (101) で表される本発明の一態様である有機金属錯体、 $[\text{Ir}(\text{ppy})(\text{Czppy})_2]$ が得られたことがわかった。

[0 2 3 7]

^1H -NMR. δ (CD_2Cl_2): 6.82–6.96 (m, 9H)、7.04–7.07 (t, 1H)、7.29–7.37 (m, 6H)、7.42–7.46 (m, 4H)、7.67–7.74 (m, 8H)、7.80 (d, 1H)、7.83 (d, 1H)、7.93 (d, 1H)、7.98 (d, 1H)、8.12–8.15 (ms, 4H)、8.23–8.25 (ms, 2H)。

[0 2 3 8]

次に、 $[\text{Ir}(\text{ppy})(\text{Czppy})_2]$ のジクロロメタン脱酸素溶液の紫外可視吸収スペクトル (以下、単に「吸収スペクトル」という) 及び発光スペクトルを測定した。吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計 ((株) 日本分光製 V550 型) を用い、ジクロロメタン溶液 (0.010 mmol/L) を石英セルに入れ、室温で測定を行った。また、発光スペクトルの測定には、絶対 PL 量子収率測定装置 ((株) 浜松ホトニクス製 C11347-01) を用い、グローブボックス ((株) ブライト製 LABstar M13 (1250/780)) にて、窒素雰囲気下でジクロロメタン脱酸素溶液 (0.010 mmol/L) を石英セルに入れ、密栓し、室温で測定を行った。

[0 2 3 9]

得られた吸収スペクトル及び発光スペクトルの測定結果を図 20 に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度および発光強度を表す。また、図 20 において 2 本の実線が示されているが、細い実線は吸収スペクトルを示し、太い実線は発光スペクトルを示している。図 20 に示す吸収スペクトルは、ジクロロメタン溶液 (0.010 mmol/L) を石英セルに入れて測定した吸収スペクトルから、ジクロロ

メタンのみを石英セルに入れて測定した吸収スペクトルを差し引いた結果を示している。

[0240]

図20に示す通り、本発明の一様態である有機金属錯体、 $[\text{Ir}(\text{ppy})(\text{Czppy})_2]$ は、530nmに発光ピークを有しており、ジクロロメタン溶液からは黄緑色の発光が観測された。

[実施例3]

[0241]

本実施例では、本発明の一態様である発光素子として、実施例1で説明した $[2-\{(9\text{H-カルバゾール-9-イル})-2\text{-ピリジニル-}\kappa\text{N}\}\text{フェニル-}\kappa\text{C}]$ ビス $[2-(2\text{-ピリジニル-}\kappa\text{N})\text{フェニル-}\kappa\text{C}]$ イリジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{Czppy})]$) (構造式(100)) を発光層のゲスト材料として用いた発光素子1、実施例2で説明した $[\text{Ir}(\text{ppy})(\text{Czppy})_2]$ (構造式(101)) を発光層のゲスト材料として用いた発光素子2、また、トリス(2-フェニルピリジナト-N, C^{2'}) イリジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{ppy})_3]$) を発光層のゲスト材料として用いた比較発光素子1、についてこれらの素子構造、作製方法およびその特性について説明する。なお、本実施例で用いる発光素子の素子構造を図21に示し、具体的な構成について表1に示す。また、本実施例で用いる材料の化学式を以下に示す。

[0242]

[表1]

	第1 の電極	正孔 注入層	正孔 輸送層	発光層	電子 輸送層		電子 注入層	第2 の電極
発光素子 1	ITO (70nm)	DBT3P-II :MoO _x (4:2 60nm)	PCCP (20nm)	*	mPCCzPTzn-02 (15nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
発光素子 2	ITO (70nm)	DBT3P-II :MoO _x (4:2 60nm)	PCCP (20nm)	**	mPCCzPTzn-02 (15nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
比較 発光素子 1	ITO (70nm)	DBT3P-II :MoO _x (4:2 60nm)	PCCP (20nm)	***	mPCCzPTzn-02 (15nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

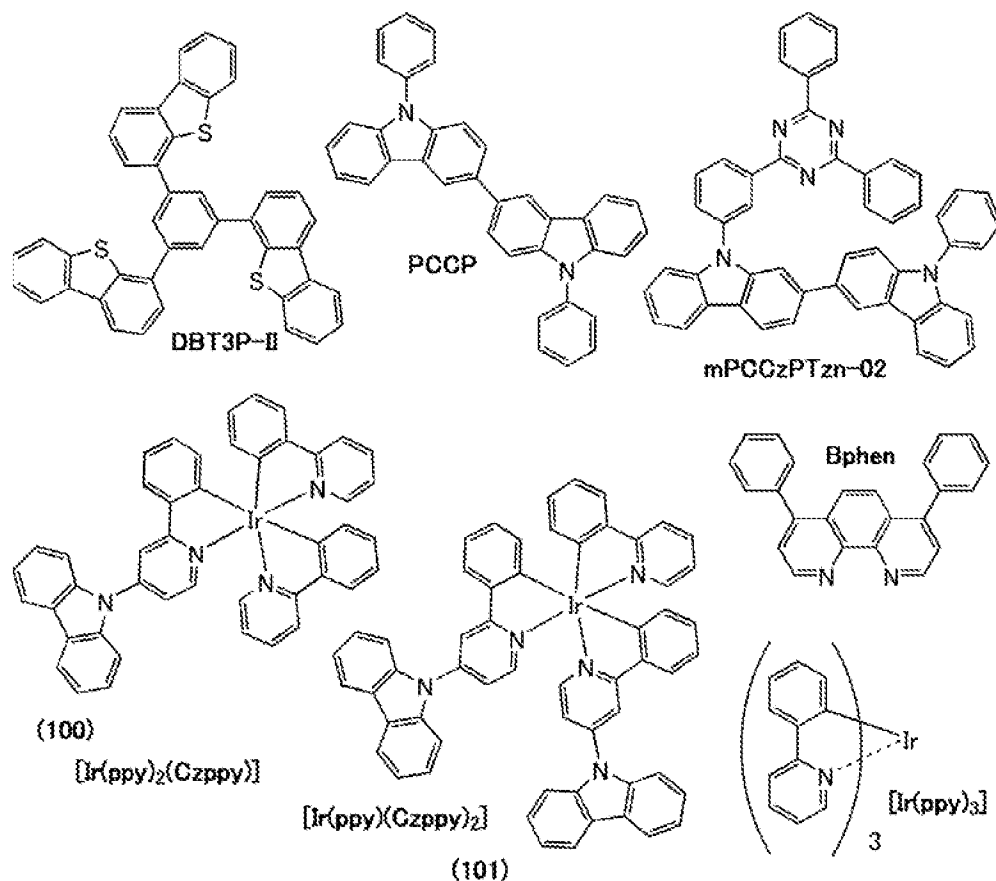
* mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)₂(Czppy)] (0.5:0.5:0.10 (20nm)\0.8:0.2:0.10 (20nm)

** mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)(Czppy)₂] (0.5:0.5:0.10 (20nm)\0.8:0.2:0.10 (20nm)

*** mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)₃] (0.5:0.5:0.10 (20nm)\0.8:0.2:0.10 (20nm)

[0243]

[化 15]



[0244]

<発光素子の作製>

本実施例で示す発光素子は、図21に示すように基板1900上に形成された陽極901上に正孔注入層1911、正孔輸送層1912、発光層1913、電子輸送層1914、電子注入層1915が順次積層され、電子注入層1915上に陰極1903が積層された構造を有する。

[0245]

まず、基板1900上に陽極1901を形成した。電極面積は、 4 mm^2 ($2\text{ mm} \times 2\text{ mm}$)とした。また、基板1900には、ガラス基板を用いた。また、陽極1901は、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物 (ITO) をスパッタリング法により、 70 nm の膜厚で成膜して形成した。

[0246]

ここで、前処理として、基板の表面を水で洗浄し、 200°C で1時間焼成した後、UVオゾン処理を370秒行った。その後、 10^{-4} Pa 程度まで内部が減圧された真空蒸着装置に基板を導入し、真空蒸着装置内の加熱室において、 170°C で60分間の真空焼成を行った後、基板を30分程度放冷した。

[0247]

次に、陽極1901上に正孔注入層1911を形成した。正孔注入層1911は、真空蒸着装置内を 10^{-4} Pa に減圧した後、1, 3, 5-トリ (ジベンゾチオフェン-4-イル) ベンゼン (略称: DBT3P-II) と酸化モリブデンとを、DBT3P-II : 酸化モリブデン = 4 : 2 (重量比) とし、膜厚が 60 nm となるように共蒸着して形成した。

[0248]

次に、正孔注入層1911上に正孔輸送層1912を形成した。正孔輸送層1912は、9-フェニル-9H-3-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)カルバゾール(略称:PCCP)を用い、膜厚が20nmになるように蒸着して形成した。

[0249]

次に、正孔輸送層1912上に発光層1913を形成した。

[0250]

発光層1913は、発光素子1の場合は、ホスト材料として9-[3-(4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン-2-イル)フェニル]-9'-フェニル-2,3'-ビ-9H-カルバゾール(略称:mPCCzPTzn-02)を用い、アシスト材料としてPCCP、ゲスト材料(燐光材料)として[Ir(ppy)₂(Czppy)]を用い、重量比がmPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)₂(Czppy)]=0.5:0.5:0.10(重量比)となるように共蒸着した。なお、膜厚は、20nmの膜厚とした。さらに、mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)₂(Czppy)]=0.8:0.2:0.10(重量比)となるように共蒸着した。なお、膜厚は、20nmとした。従って、発光層1913は、膜厚40nmの積層構造を有する。

[0251]

発光層1913は、発光素子2の場合は、ホスト材料としてmPCCzPTzn-02を用い、アシスト材料としてPCCP、ゲスト材料(燐光材料)として[Ir(ppy)(Czppy)₂]を用い、重量比がmPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)(Czppy)₂]=0.5:0.5:0.10(重量比)となるように共蒸着した。なお、膜厚は、20nmの膜厚とした。さらに、mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)(Czppy)₂]=0.8:0.2:0.1(重量比)となるように共蒸着した。なお、膜厚は、20nmとした。従って、発光層1913は、膜厚40nmの積層構造を有する。

[0252]

発光層1913は、比較発光素子1の場合は、ホスト材料としてmPCCzPTzn-02を用い、アシスト材料としてPCCP、ゲスト材料(燐光材料)として[Ir(ppy)₃]を用い、重量比がmPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)₃]=0.5:0.5:0.10(重量比)となるように共蒸着した。なお、膜厚は、20nmとした。さらに、mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)₃]=0.8:0.2:0.1(重量比)となるように共蒸着した。なお、膜厚は、20nmとした。従って、発光層1913は、膜厚40nmの積層構造を有する。

[0253]

次に、発光層1913上に電子輸送層1914を形成した。電子輸送層1914は、mPCCzPTzn-02の膜厚が15nm、バソフェナントロリン(略称:Bphen)の膜厚が10nmとなるように順次蒸着して形成した。

[0254]

次に、電子輸送層1914上に電子注入層1915を形成した。電子注入層1915は、フッ化リチウム(LiF)を用い、膜厚が1nmになるように蒸着して形成した。

[0255]

次に、電子注入層1915上に陰極1903を形成した。陰極1903は、アルミニウムを蒸着法により、膜厚が200nmとなるように形成した。

[0256]

以上の工程により、基板1900上に一对の電極間にEL層を挟んでなる発光素子を形成した。なお、上記工程で説明した正孔注入層1911、正孔輸送層1912、発光層1913、電子輸送層1914、電子注入層1915は、本発明の一態様におけるEL層を構成する機能層である。また、上述した作製方法における蒸着工程では、全て抵抗加熱法による蒸着法を用いた。

[0257]

また、上記に示すように作製した発光素子は、別の基板（図示せず）により封止される。なお、当該基板を用いた封止の際は、窒素雰囲気グローブボックス内において、封止材を用いて別の基板を基板1900上に固定し、シール材を基板1900上に形成された発光素子の周囲に塗布し、封止時に365nmの紫外光を6J/cm²照射し、80℃にて1時間熱処理することにより行った。

[0258]

《発光素子の動作特性》

作製した各発光素子（発光素子1、発光素子2、および比較発光素子1）の動作特性について測定した。なお、測定は室温で行った。また、結果を図22～図25に示す。

[0259]

これらの結果より、本発明の一態様である発光素子（発光素子1、発光素子2、および比較発光素子1）は、良好な電流効率と高い外部量子効率を示していることがわかる。また、1000cd/m²付近における各発光素子の主な初期特性値を以下の表2に示す。

[0260]

[表2]

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度(x,y)	輝度 (cd/m ²)	電流 効率 (cd/A)	ハワー 効率 (lm/W)	外部 量子効率 (%)
発光素子 1	3.2	0.056	1.4	(0.38,0.59)	840	60	59	17
発光素子 2	3.1	0.054	1.3	(0.37,0.60)	820	61	62	17
比較 発光素子 1	3.3	0.080	2.0	(0.35,0.61)	1000	52	49	15

[0261]

また、発光素子1、発光素子2、および比較発光素子1に2.5mA/cm²の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを、図26に示す。図26に示す通り、発光素子1の発光スペクトルは531nm付近にピークを有しており、発光層1913に含まれる有機金属錯体、[Ir(ppy)₂(Czppy)]の発光に由来していることが示唆される。また、発光素子2の発光スペクトルは531nm付近にピークを有しており、発光層1913に含まれる有機金属錯体、[Ir(ppy)(Czppy)₂]の発光に由来していることが示唆される。また、比較発光素子1の発光スペクトルは517nm付近にピークを有しており、発光層1913に含まれる有機金属錯体、[Ir(ppy)₃]の発光に由来していることが示唆される。なお、発光素子1および発光素子2に用いた本発明の一態様である有機金属錯体は、2-フェニルピリジン骨格の4位にカルバゾール骨格を有することで、キ

キャリア（電子 or ホール）の注入や輸送を容易にすることができ、素子の発光効率を向上させることができ、また、駆動電圧を低減させることができる。したがって比較発光素子 1 と比べて高い電流効率と、低い駆動電圧を示すことがわかる。

[実施例 4]

[0262]

本実施例では、本発明の発光素子用材料であるビス {2-[6-(9H-カルバゾール-9-イル)-4-ピリジニル- κ N3]フェニル- κ C}-{2-[2-ピリジニル- κ N]フェニル- κ C}イリジウム (III) (略称:[Ir(czppm)₂(ppy)] (構造式 102) のみで発光層を形成した発光素子 3 について素子構造、作製方法およびその特性について説明する。なお、本実施例で用いる発光素子の素子構造を図 21 に示し、具体的な構成について表 3 に示す。また、本実施例で用いる材料の化学式を以下に示す。

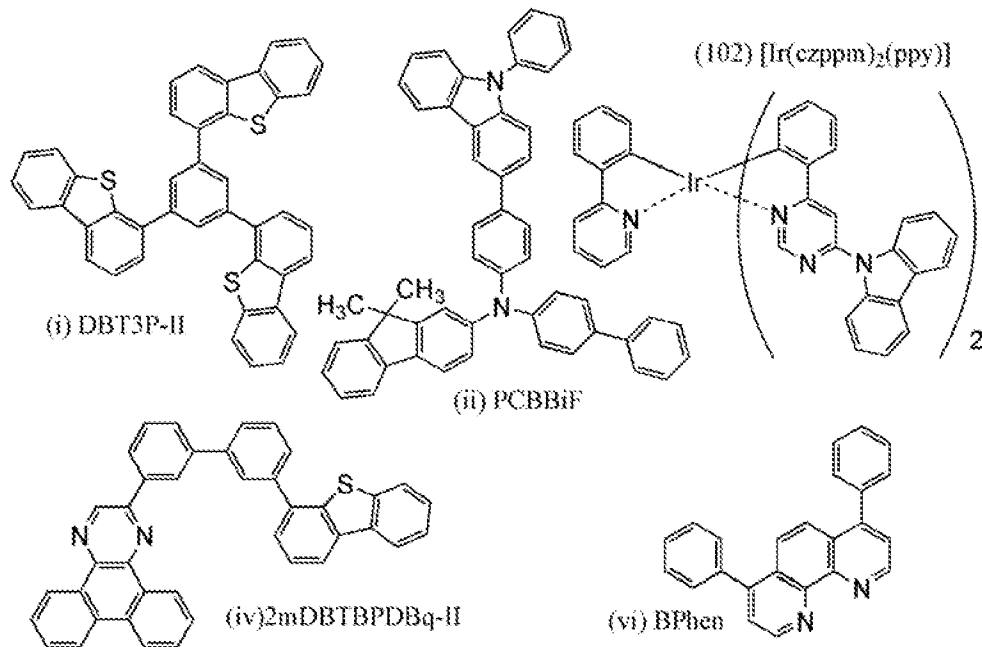
[0263]

[表 3]

正孔 注入層	正孔 輸送層	発光層	電子輸送層		電子 注入層
50nm	20nm	30nm	30nm	15nm	1nm
DBT3P-II MoOx (2:1)	PCBBiF	Ir(czppm) ₂ (ppy)	2mDBTBPDBq-II	BPhen	LiF

[0264]

[化 16]



[0265]

《発光素子の作製》

本実施例で示す発光素子は、図 21 に示すように基板 1900 上に形成された陽極 1901 上に正孔注入層 1911、正孔輸送層 1912、発光層 1913、電子輸送層 1914、電子注入層 1915 が順次積層され、電子注入層 1915 上に陰極 1903 が積層された構造を有する。

[0266]

まず、基板1900上に陽極1901を形成した。電極面積は、 4 mm^2 ($2\text{ mm} \times 2\text{ mm}$)とした。また、基板1900には、ガラス基板を用いた。また、陽極1901は、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物 (ITO) をスパッタリング法により、 70 nm の膜厚で成膜して形成した。

[0267]

ここで、前処理として、基板1900の表面を水で洗浄し、 200°C で1時間焼成した後、UVオゾン処理を370秒行った。その後、 10^{-4} Pa 程度まで内部が減圧された真空蒸着装置に基板を導入し、真空蒸着装置内の加熱室において、 170°C で60分間の真空焼成を行った後、基板を30分程度放冷した。

[0268]

次に、陽極1901上に正孔注入層1911を形成した。正孔注入層1911は、真空蒸着装置内を 10^{-4} Pa に減圧した後、1, 3, 5-トリ (ジベンゾチオフェン-4-イル) ベンゼン (略称: DBT3P-I I) と酸化モリブデンとを、DBT3P-I I : 酸化モリブデン = 2 : 1 (重量比) とし、膜厚が 50 nm となるように共蒸着して形成した。

[0269]

次に、正孔注入層1911上に正孔輸送層1912を形成した。正孔輸送層1912は、N- (1, 1'-ビフェニル-4-イル) -9, 9-ジメチル-N- [4- (9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル) フェニル] -9H-フルオレン-2-アミン (略称: PCBBiF) を用い、膜厚が 20 nm になるように蒸着して形成した。

[0270]

次に、正孔輸送層1912上に発光層1913を形成した。発光層1913は、上記構造式(102)で表されるビス {2- [6- (9H-カルバゾール-9-イル) -4-ピリジニル- $\kappa\text{ N}$ 3] フェニル- $\kappa\text{ C}$] - {2- [2-ピリジニル- $\kappa\text{ N}$] フェニル- $\kappa\text{ C}$] イリジウム (III) (略称: [Ir (czppm)₂ (ppy)])) を用い、膜厚が 30 nm となるように蒸着をして形成した。

[0271]

次に、発光層1913上に電子輸送層1914を形成した。電子輸送層1914は、上記構造式 (iv) で表される2- [3'- (ジベンゾチオフェン-4-イル) ビフェニル-3-イル] ジベンゾ [f, h] キノキサリン (略称: 2mDBTBPD Bq-I I) を膜厚 30 nm となるように蒸着した後、上記構造式 (vi) で表されるバソフェナントロリン (略称: Bphen) の膜厚が 15 nm となるように蒸着して形成した。

[0272]

次に、電子輸送層1914上に電子注入層1915を形成した。電子注入層1915は、フッ化リチウム (LiF) を用い、膜厚が 1 nm になるように蒸着して形成した。

[0273]

次に、電子注入層1915上に陰極1903を形成した。陰極1903は、アルミニウムを蒸着法により、膜厚が 200 nm となるように形成した。

[0274]

以上の工程により、基板1900上に一対の電極間にEL層を挟んでなる発光素子を形成した。なお、上記工程で説明した正孔注入層1911、正孔輸送層1912、発光層1913、電子輸送層1914、電子注入層1915は、本発明の一態様におけるEL層を構成する機能層である。また、上述した作製方法における蒸着工程では、全て抵抗加熱法による蒸着法を用いた。

[0275]

また、上記に示すように作製した発光素子は、別の基板（図示せず）により封止される。なお、当該基板を用いた封止の際は、窒素雰囲気グローブボックス内において、封止材を用いて当該基板を基板1900上に固定し、シール材を基板1900上に形成された発光素子の周囲に塗布し、封止時に365nmの紫外光を6J/cm²照射し、80℃にて1時間熱処理することにより行った。

[0276]

《発光素子の動作特性》

作製した発光素子3の動作特性について測定した。なお、測定は室温（25℃に保たれた雰囲気）で行った。また、結果を図27～図31に示す。

[0277]

これらの結果より、本発明の一態様である発光素子3は、単一で材料で発光層を形成しているにも関わらず、良好な電流効率と高い外部量子効率を示していることがわかる。また、1000cd/m²付近における各発光素子の主な初期特性値を以下の表4に示す。

[0278]

[表4]

電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度x	色度y	電流効率 (cd/A)	外部量子効率 (%)
3.3	0.09	2.2	0.52	0.48	43	15

[0279]

また、発光素子3に2.5mA/cm²の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを、図32に示す。図32に示す通り、発光素子3の発光スペクトルは568nm付近にピークを有しており、発光層1913に含まれる有機金属錯体、[Ir(czppm)₂(ppy)]の発光に由来していることが示唆される。なお、発光素子3に用いた本発明の一態様である有機金属錯体は、4-フェニルピリミジン骨格の6位にカルバゾール骨格を有することで、キャリア（電子orホール）の注入や輸送を容易にすることができ、素子の発光効率を向上させることができ、また、駆動電圧を低減させることができる。また、カルバゾール骨格（キャリア輸送性の骨格）が発光性の骨格の外周に位置するため、ある分子の発光性の骨格が他の分子の発光性の骨格と相互作用し、濃度消光を起こすことを抑制できる。そのため、単一材料からなる発光層でありながら、高い外部量子効率を実現できている。以上のことから、共蒸着を用いない単一材料からなる発光層を有する発光素子であったとしても、本発明の一態様の発光素子用材料を用いることにより、高い電流効率と、低い駆動電圧の良好な特性を示す発光素子を提供することが可能であることがわかった。

[実施例5]

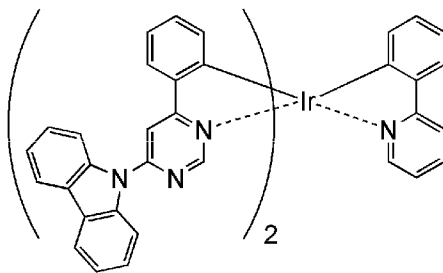
[0280]

《合成例3》

本合成例では、イリジウムを中心金属とし、正孔輸送性を有する第1の骨格と、発光性を有する第2の骨格と、を有する配位子を有する有機金属錯体である、ビス{2-[6-(9H-カルバゾール-9-イル)-4-ピリミジニル-κN3]フェニル-κC}-{2-[2-ピリジニル-κN]フェニル-κC}イリジウム(I I I)（略称：[Ir(czppm)₂(ppy)]）の合成例について開示する。[Ir(czppm)₂(ppy)]の構造を以下に示す。

[0281]

[化17]



[0282]

なお、上記 $[\text{Ir}(\text{czppm})_2(\text{ppy})]$ においては、カルバゾール骨格が正孔輸送性を有する第1の骨格に相当し、4-フェニルピリジン骨格が発光性を有する第2の骨格に相当する。

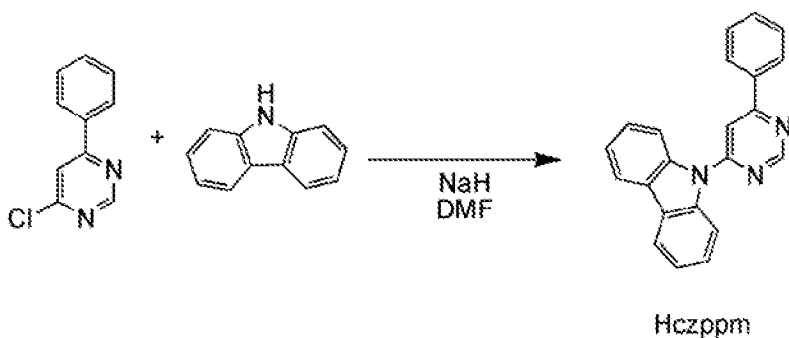
[0283]

<ステップ1； 4-カルバゾール-9-イル-6-フェニルピリジン（略称：Hczppm）の合成>

水素化ナトリウム（60% in mineral oil）0.053gとドライN,N-ジメチルホルムアミド（略称：dry DMF）30mLを、三口フラスコに入れ、内部を窒素置換した。ここにカルバゾール1.76gとdry DMF 30mLを加え、室温で1時間攪拌した。その後、4-クロロ-6-フェニルピリジン1.76gとdry DMF 30mLを加え、室温で4時間攪拌し、反応させた。反応後、得られた溶液を水に加え、吸引ろ過し、固体を得た。得られた固体を、ジクロロメタンを展開溶媒とするフラッシュカラムクロマトグラフィーにより精製し、目的のピリジン誘導体Hczppmを得た（白色粉末、収率62%）。ステップ1の合成スキームを以下に示す。

[0284]

[化18]



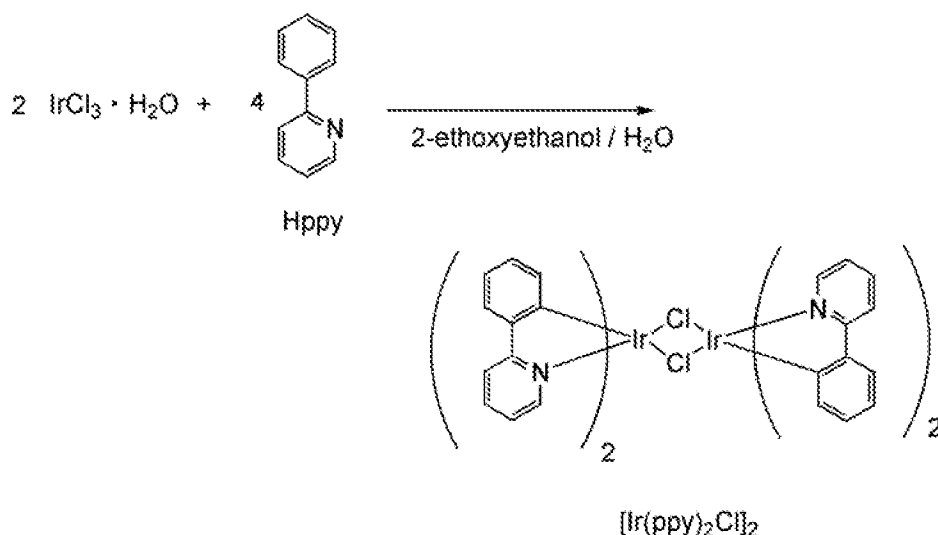
[0285]

<ステップ2； ジーμ-クロロ-テトラキス{2-[2-ピリジニル-κN]フェニル-κC}ジイリジウム(III)（略称： $[\text{Ir}(\text{ppy})_2\text{Cl}]_2$ ）の合成>

2-エトキシエタノール30mLと水10mL、2-フェニルピリジン（略称：Hppy）3.88g、塩化イリジウム水和物（ $\text{IrCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ）（フルヤ金属社製）3.49gを、還流管を付けたナスフラスコに入れ、フラスコ内をアルゴン置換した。その後、マイクロ波（2.45GHz 100W）を2時間照射し、反応させた。反応後、得られた混合物をメタノールを用いて吸引ろ過、洗浄し、複核錯体 $[\text{Ir}(\text{ppy})_2\text{Cl}]_2$ を得た（黄色固体、収率59%）。ステップ2の合成スキームを以下に示す。

[0286]

[化19]



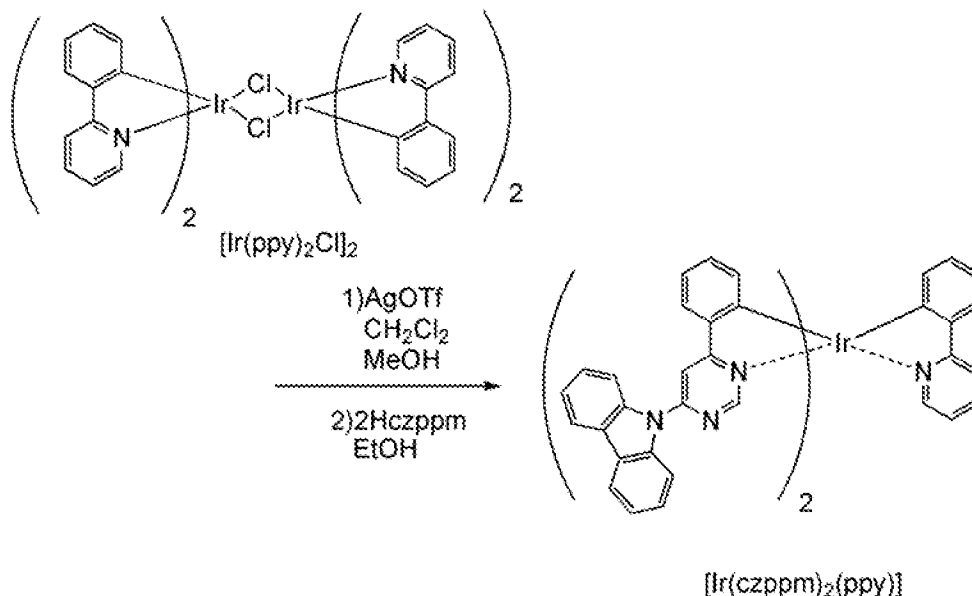
[0287]

<ステップ3；ビス{2-[6-(9H-カルバゾール-9-イル)-4-ピリミジニル-κN3]フェニル-κC}-{2-[2-ピリジニル-κN]フェニル-κC}イリジウム(III)(略称：[Ir(czppm)₂(ppy)]の合成>

上記ステップ2で得た複核錯体 [Ir(ppy)₂Cl]₂ 3.69gとジクロロメタン390mLを、遮光した三口フラスコに入れ、フラスコ内を窒素置換した。ここに、トリフルオロメタンスルホン酸銀2.27gをメタノール180mLに溶かした溶液を滴下し、室温で24時間攪拌した。得られた混合物をろ過補助剤を通して濾過した後、ろ液を濃縮し、固体を得た。続いて、得られた固体とHczppm3.90g、エタノール40mLを、還流管を付けた三口フラスコに入れ、フラスコ内を窒素置換した。90℃で48時間加熱した後、得られた混合物を吸引ろ過した。得られた残差を、ヘキサン：酢酸エチル＝6：1を展開溶媒とするシリカゲルカラムクロマトグラフィーにより精製した後、ジクロロメタンとメタノールの混合溶媒にて再結晶することにより、本発明の一態様の発光素子用材料である [Ir(czppm)₂(ppy)] を黄橙色粉末として得た (収率6%)。ステップ3の合成スキームを以下に示す。

[0288]

[化 20]



[0289]

上記ステップ3で得られた黄橙色粉末の核磁気共鳴分光法 ($^1\text{H-NMR}$) による分析結果を以下に示す。また、 $^1\text{H-NMR}$ チャートを図33 (A)、(B) に示す。図33 (B) は図33 (A) の6.50 ppmから8.75 ppmの範囲を拡大して示した図である。これより、本合成例3において、上述の構造式で表される本発明の一態様の発光素子用材料である $[\text{Ir}(\text{czppm})_2(\text{ppy})]$ が得られたことがわかった。

[0290]

$^1\text{H-NMR}$. δ (CD_2Cl_2): 6.82 (d, 1H), 6.87–7.03 (m, 8H), 7.10 (t, 1H), 7.37–7.40 (m, 4H), 7.47–7.51 (m, 4H), 7.75–7.78 (m, 2H), 7.88 (t, 2H), 7.97 (d, 1H), 8.03 (d, 1H), 8.12 (d, 4H), 8.18 (dd, 4H), 8.23 (s, 2H), 8.36 (s, 1H), 8.61 (s, 1H).

[0291]

次に、 $[\text{Ir}(\text{czppm})_2(\text{ppy})]$ のジクロロメタン溶液の紫外可視吸収スペクトル (以下、単に「吸収スペクトル」という) 及び発光スペクトルを測定した。吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計 ((株) 日本分光製 V550型) を用い、ジクロロメタン溶液 ($9.9 \mu\text{mol/L}$) を石英セルに入れ、室温で測定を行った。また、発光スペクトルの測定には、絶対PL量子収率測定装置 ((株) 浜松ホトニクス製 C11347-01) を用い、グローブボックス ((株) ブライト製 LABstar M13 (1250/780)) にて、窒素雰囲気下でジクロロメタン脱酸素溶液 ($9.9 \mu\text{mol/L}$) を石英セルに入れ、密栓し、室温で測定を行った。得られた吸収スペクトル及び発光スペクトルの測定結果を図34に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度および発光強度を表す。また、図34において2本の実線が示されているが、細い実線は吸収スペクトルを示し、太い実線は発光スペクトルを示している。図34に示す吸収スペクトルは、ジクロロメタン溶液 ($9.9 \mu\text{mol/L}$) を石英セルに入れて測定した吸収スペクトルから、ジクロロメタンのみを石英セルに入れて測定した吸収スペクトルを差し引いた結果を示している。

[0292]

図34に示す通り、本発明の発光素子用材料である $[\text{Ir}(\text{czppm})_2(\text{ppy})]$ は、574

nmに発光ピークを有しており、黄色の発光が観測された。

[実施例6]

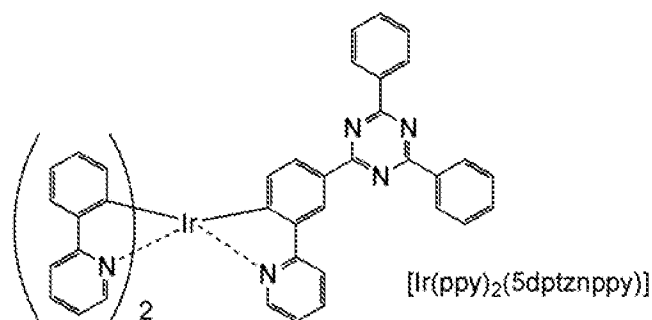
[0293]

《合成例4》

本合成例では、イリジウムを中心金属とし、電子輸送性を有する第1の骨格と、発光性を有する第2の骨格とを備えた配位子を有する有機金属錯体である、[4-(4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン-2-イル)-2-(2-ピリジニル-κN)フェニル-κC]ビス[2-(2-ピリジニル-κN)フェニル-κC]イリジウム(III)(略称:[Ir(ppy)₂(5dptznppy)])の合成方法を開示する。[Ir(ppy)₂(5dptznppy)]の構造式を以下に示す。

[0294]

[化21]



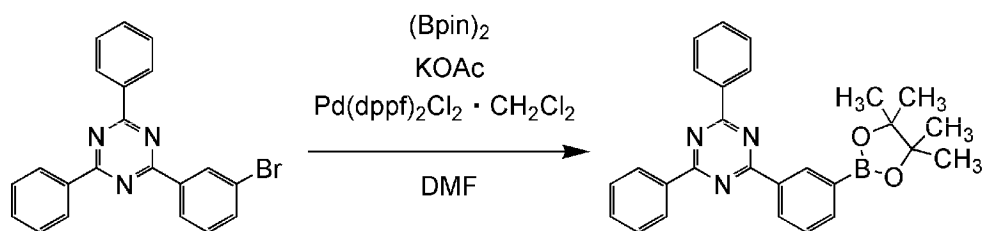
[0295]

＜ステップ1：3-(4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン-2-イル)フェニルボロン酸ピナコールエステルの合成＞

まず、2-(3-ブロモフェニル)-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン 2.0 g、ビス(ピナコラト)ジボロン 1.6 g (略称:(Bpin)₂)、酢酸カリウム 1.5 g、N,N-ジメチルホルムアミド 25 mLを、還流管を付けた三口フラスコに入れ、フラスコ内を窒素置換した。さらに[1,1'-ビス(ジフェニルホスフィノ)フェロセン]パラジウム(II)ジクロリドジクロロメタン付加物(略称: Pd(dppf)₂Cl₂·CH₂Cl₂) 0.042 gを加え、150℃にて3時間加熱攪拌した。得られた反応溶液の溶媒を留去し、残渣をトルエンを展開溶媒としたシリカゲルカラムクロマトグラフィーにて精製することにより、目的物を2.0 g(収率: 88%、白色固体)得た。またステップ1の合成スキームを下記以下に示す。

[0296]

[化22]



[0297]

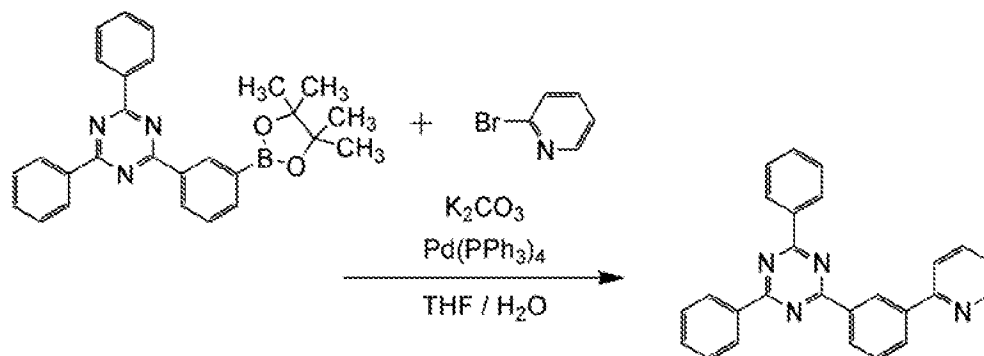
＜ステップ2：2-[3-(4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン-2-イル)フェニル]

ピリジンの合成（略称：H5 d p t z n p p y）の合成＞

次に、上記ステップ1で得た3-（4，6-ジフェニル-1，3，5-トリアジン-2-イル）フェニルボロン酸ピナコールエステル2.8gと、2-ブロモピリジン0.9g、炭酸カリウム1.6g、テトラヒドロフラン（略称：THF）50mL、水25mLを、還流管を付けた三口フラスコに入れ、フラスコ内を窒素置換した。さらにテトラキス（トリフェニルホスフィン）パラジウム（0）0.33gを加え、70℃にて24時間加熱撹拌した。反応後、酢酸エチルによる抽出を行った。その後、ジクロロメタンを展開溶媒としたシリカゲルカラムクロマトグラフィーにて精製することにより、目的物を2.2g（収率98%、白色固体）得た。また、ステップ2の合成スキームを下に示す。

[0298]

[化23]



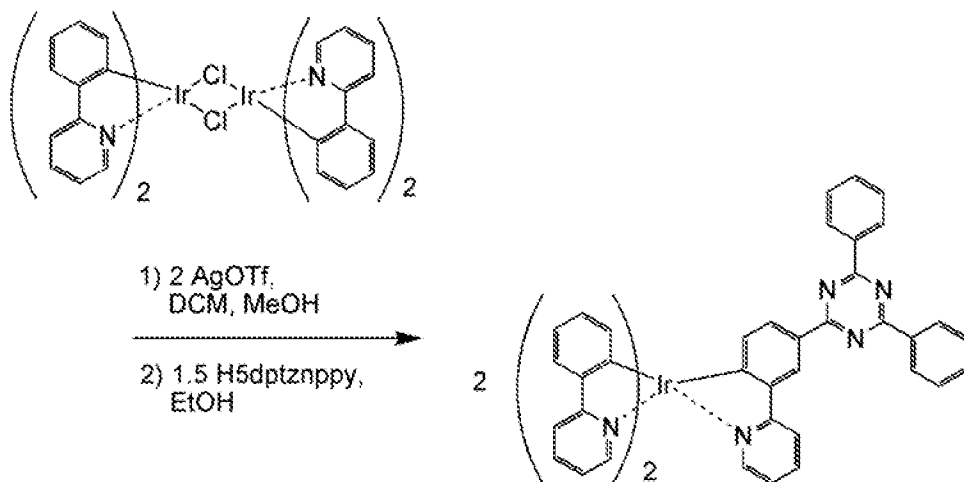
[0299]

＜ステップ3：[4-（4，6-ジフェニル-1，3，5-トリアジン-2-イル）-2-（2-ピリジニル-κN）フェニル-κC]ビス[2-（2-ピリジニル-κN）フェニル-κC]イリジウム（III）略称：[Ir（ppy）₂（5 d p t z n p p y）]の合成＞

続いて、[Ir（ppy）₂Cl]₂ 1.9gとジクロロメタン190mLを三口フラスコに入れフラスコ内を窒素置換した。ここに、銀トリフラート1.1gとメタノール90mLの混合液を滴下し、室温にて20時間撹拌した。得られた混合物を、セライトを通した後、濃縮し、固体を得た。この固体に上記ステップ2で得たH5 d p t z n p p y 2.0g、エタノール70mLを加え、窒素雰囲気下にて24時間還流させた。得られた反応物をろ過し、ろ物をジクロロメタンを展開溶媒としたシリカゲルカラムクロマトグラフィーにて精製した。その後さらにクロロホルムを移動相とした高速液体クロマトグラフィーにて精製した。得られた溶液を濃縮し、ジクロロメタンとヘキサンの混合溶媒にて再結晶することにより、黄色固体を得た（収率：28%）。また、ステップ3の合成スキームを下に示す。

[0300]

[化 2 4]



[0301]

なお、上記ステップ3で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35に示す。この結果から、本合成例によって、本発明の一態様である有機金属錯体 $[\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{5dptznppy})]$ が得られたことがわかった。

[0302]

$^1\text{H-NMR}$. δ (CDCl_3): 6.84–6.99 (m, 9H)、7.13 (d, 1H)、7.53–7.64 (m, 11H)、7.68 (d, 2H)、7.74 (t, 1H)、7.91 (t, 2H)、8.21 (d, 2H)、8.76 (d, 4H)、9.03 (s, 1H)。なお、5.30付近にあるピークはジクロロメタン由来のピークである。

[0303]

続いて、 $[\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{5dptznppy})]$ のジクロロメタン溶液の紫外可視吸収スペクトル (以下、単に「吸収スペクトル」という) 及び発光スペクトルを測定した。吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計 ((株) 日本分光製 V550型) を用い、ジクロロメタン溶液 (0.010 mmol/L) を石英セルに入れ、室温で測定を行った。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、脱気したジクロロメタン溶液 (0.010 mmol/L) を石英セルに入れ、室温で測定を行った。得られた吸収スペクトル及び発光スペクトルの測定結果を図36に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度および発光強度を表す。また、図36において2本の実線が示されているが、細い実線は吸収スペクトルを示し、太い実線は発光スペクトルを示している。図36に示す吸収スペクトルは、ジクロロメタン溶液 (0.010 mmol/L) を石英セルに入れて測定した吸収スペクトルから、ジクロロメタンのみを石英セルに入れて測定した吸収スペクトルを差し引いた結果を示している。

[0304]

図36に示す通り、本発明の一態様である有機金属錯体 $[\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{5dptznppy})]$ は、510 nmに発光ピークを有しており、ジクロロメタン溶液からは黄緑色の発光が観測された。

[実施例7]

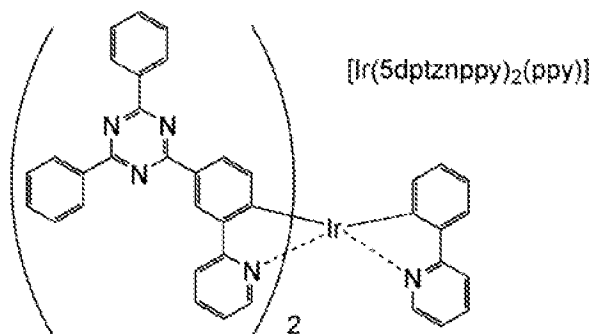
[0305]

《合成例 5》

本合成例では、イリジウムを中心金属とし、電子輸送性を有する第1の骨格と、発光性を有する第2の骨格と、を備えた配位子を有する有機金属錯体である、ビス[4-(4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン-2-イル)-2-(2-ピリジニル-κN)フェニル-κC][2-(2-ピリジニル-κN)フェニル-κC]イリジウム(I I I)(略称:[Ir(5dptznppy)₂(ppy)])の合成方法を開示する。[Ir(5dptznppy)₂(ppy)]の構造式を以下に示す。

[0306]

[化25]



[0307]

＜ステップ1：2-[3-(4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン-2-イル)フェニル]ピリジンの合成(略称:H5dptznppy)の合成＞

実施例6における合成例4のステップ2と同様に合成した。

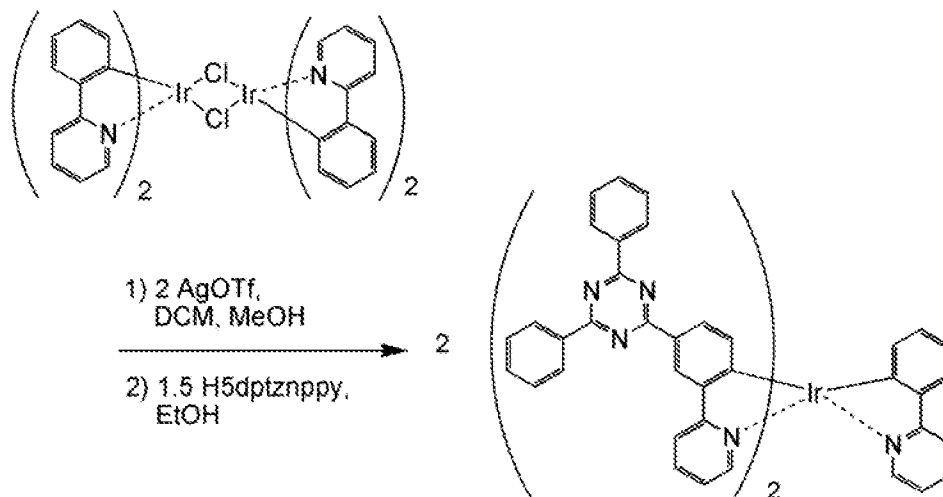
[0308]

＜ステップ2:[Ir(5dptznppy)₂(ppy)]の合成＞

[Ir(ppy)₂Cl]₂ 1.9 gとジクロロメタン190 mLを三口フラスコに入れ、フラスコ内を窒素置換した。ここに、銀トリフラート1.1 gとメタノール90 mLの混合液を滴下し、室温にて20時間攪拌した。得られた混合物を、セライトを通した後、濃縮して固体を得た。この固体にH5dptznppy 2.0 g、エタノール70 mLを加え、窒素雰囲気下にて24時間還流させた。得られた反応物をろ過し、ろ物をジクロロメタンを展開溶媒としたシリカゲルカラムクロマトグラフィーにて精製した。その後さらにクロロホルムを移動相とした高速液体クロマトグラフィーにて精製した。得られた溶液を濃縮し、ジクロロメタンとヘキサンの混合溶媒にて再結晶することにより黄色固体を得た(収率:3.5%)。ステップ2の合成スキームを下に示す。

[0309]

[化 2 6]



[0310]

なお、上記で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 37 に示す。この結果から、本合成例において、本発明の一態様である有機金属錯体 $[\text{Ir}(\text{5dptznppy})_2(\text{ppy})]$ が得られたことがわかった。

[0311]

$^1\text{H-NMR}$. δ (CDCl_3): 6.89–7.05 (m, 6H)、7.16 (d, 1H)、7.19 (d, 1H)、7.52–7.65 (m, 16H)、7.71 (d, 1H)、7.75–7.80 (m, 2H)、7.94 (d, 1H)、8.20–8.27 (m, 4H)、8.74 (d, 4H)、8.78 (d, 4H)、9.07 (d, 2H)。

[0312]

続いて、 $[\text{Ir}(\text{5dptznppy})_2(\text{ppy})]$ のジクロロメタン溶液の紫外可視吸収スペクトル (以下、単に「吸収スペクトル」という) 及び発光スペクトルを測定した。吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計 (株) 日本分光製 V550 型) を用い、ジクロロメタン溶液 (0.010 mmol/L) を石英セルに入れ、室温で測定を行った。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、脱気したジクロロメタン溶液 (0.010 mmol/L) を石英セルに入れ、室温で測定を行った。得られた吸収スペクトル及び発光スペクトルの測定結果を図 38 に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度および発光強度を表す。また、図 38 において 2 本の実線が示されているが、細い実線は吸収スペクトルを示し、太い実線は発光スペクトルを示している。図 38 に示す吸収スペクトルは、ジクロロメタン溶液 (0.010 mmol/L) を石英セルに入れて測定した吸収スペクトルから、ジクロロメタンのみを石英セルに入れて測定した吸収スペクトルを差し引いた結果を示している。

[0313]

図 38 に示す通り、本発明の一態様である有機金属錯体 $[\text{Ir}(\text{5dptznppy})_2(\text{ppy})]$ は、501 nm に発光ピークを有しており、ジクロロメタン溶液からは黄緑色の発光が観測された。

[実施例 8]

[0314]

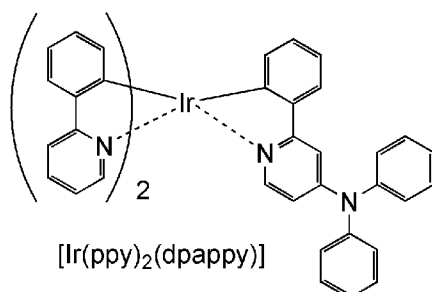
《合成例 6》

本合成例では、イリジウムを中心金属とし、正孔輸送性を有する第 1 の骨格と、発光性を有する第 2

の骨格と、を有する配位子を有する有機金属錯体、[2-(4-ジフェニルアミノ-2-ピリジニル- κ N)フェニル- κ C]ビス[2-(2-ピリジニル- κ N)フェニル- κ C]イリジウム(III)(略称:[Ir(ppy)₂(dpapp)]の合成方法を開示する。[Ir(ppy)₂(dpapp)]の構造式を以下に示す。

[0315]

[化27]



[0316]

<ステップ1: 4-クロロ-2-フェニルピリジンの合成>

4-クロロ-2-フェニルピリジンは、実施例1における合成1のステップ1と同様に合成した。

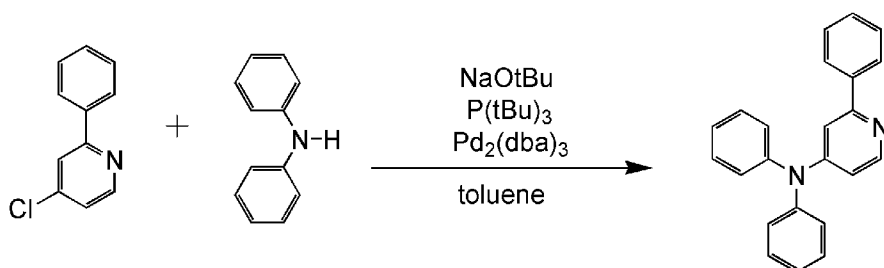
[0317]

<ステップ2: 4-ジフェニルアミノ-2-フェニルピリジンの合成(略称: Hdppp)の合成>

次に、上記ステップ1で得た4-クロロ-2-フェニルピリジン4.5g、ジフェニルアミン4.9g、ナトリウム-tert-ブトキシド4.1gを、還流管を付けた三口フラスコに入れ、フラスコ内を窒素置換した。さらにトルエン105mL、トリ-tert-ブチルホスフィン0.57mL、トリス(ジベンジリデンアセトン)ジパラジウム(0)(略称: Pd₂(dba)₃)1.1gを加え、120℃にて5時間加熱攪拌した。得られた反応物をろ過し、ろ液の溶媒を留去し、酢酸エチル:ヘキサン=2:1を展開溶媒としたシリカゲルカラムクロマトグラフィーにて精製することにより、目的物を2.4g(収率31%、黄色固体)得た。ステップ2の合成スキームを下に示す。

[0318]

[化28]



[0319]

<ステップ3: [2-(4-ジフェニルアミノ-2-ピリジニル- κ N)フェニル- κ C]ビス[2-(2-ピリジニル- κ N)フェニル- κ C]イリジウム(III)(略称:[Ir(ppy)₂(dpapp)])の合成>

次に、[Ir(ppy)₂Cl]₂ 1.8gとジクロロメタン180mLを三口フラスコに入れフラ

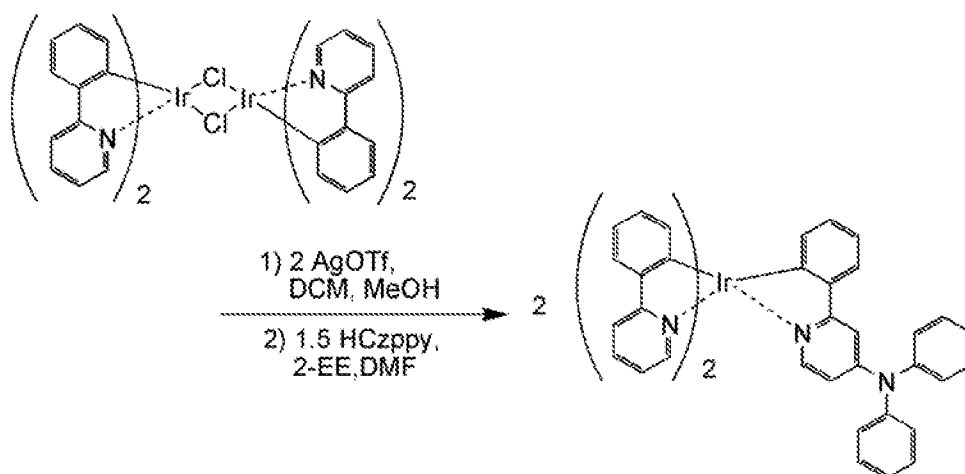
スコ内を窒素置換した。ここに、銀トリフラート 1.1 g とメタノール 86 mL の混合液を滴下し、室温にて 20 時間攪拌した。得られた混合物を、セライトを通した後、濃縮し、固体を得た。この固体に上記ステップ 2 で得た H d p a p p y 1.5 g、2-エトキシエタノール 35 mL、N, N-ジメチルホルムアミド（略称：DMF）35 mL を加え、窒素雰囲気下にて 17 時間還流させた。得られた混合物を濃縮し、ジクロロメタン：ヘキサン＝1：1 を展開溶媒としたシリカゲルカラムクロマトグラフィーにて精製した。その後さらにクロロホルムを移動相とした高速液体クロマトグラフィーにて精製した。得られた溶液を濃縮し、ジクロロメタンとヘキサンの混合溶媒にて再結晶することにより、橙色固体を得た（収率：20%）。

[0320]

得られた橙色固体 0.41 g を、トレインサブレーション法により昇華精製した。昇華精製条件は、圧力 1.5 Pa にて、アルゴン流量 5 mL/min、310°C で固体を加熱した。昇華精製後、目的物の橙色固体を収率 68% で得た。ステップ 3 の合成スキームを下に示す。

[0321]

[化 29]



[0322]

なお、上記ステップ 3 で得られた橙色固体の核磁気共鳴分光法 ($^1\text{H-NMR}$) による分析結果を下記に示す。また、 $^1\text{H-NMR}$ チャートを図 39 に示す。この結果から、本合成例において、 $[\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{dpppy})]$ が得られたことがわかった。

[0323]

$^1\text{H-NMR}$. δ (CD_2Cl_2): 6.34 (dd, 1H)、6.68–6.92 (m, 10H)、7.01 (t, 1H)、7.11 (d, 1H)、7.22–7.26 (m, 7H)、7.29 (d, 1H)、7.37–7.40 (m, 4H)、7.53 (d, 1H)、7.59 (t, 1H)、7.66 (t, 3H)、7.74 (d, 1H)、7.87 (d, 1H)、7.91 (d, 1H)。

[0324]

続いて、 $[\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{dpppy})]$ のジクロロメタン溶液の紫外可視吸収スペクトル（以下、単に「吸収スペクトル」という）及び発光スペクトルを測定した。吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計（(株)日本分光製 V550 型）を用い、ジクロロメタン溶液（0.010 mmol/L）を石英セルに入れ、室温で測定を行った。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、脱気したジクロロメタン溶液（0.010 mmol/L）を石英セルに入れ、室温で測定を行った。

0.1/L) を石英セルに入れ、室温で測定を行った。得られた吸収スペクトル及び発光スペクトルの測定結果を図40に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度および発光強度を表す。また、図40において2本の実線が示されているが、細い実線は吸収スペクトルを示し、太い実線は発光スペクトルを示している。図40に示す吸収スペクトルは、ジクロロメタン溶液(0.010 mmol/L) を石英セルに入れて測定した吸収スペクトルから、ジクロロメタンのみを石英セルに入れて測定した吸収スペクトルを差し引いた結果を示している。

[0325]

図40に示す通り、本発明の一様態である有機金属錯体 $[\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{dpapp})]$ は、531 nmに発光ピークを有しており、ジクロロメタン溶液からは黄緑色の発光が観測された。

[実施例9]

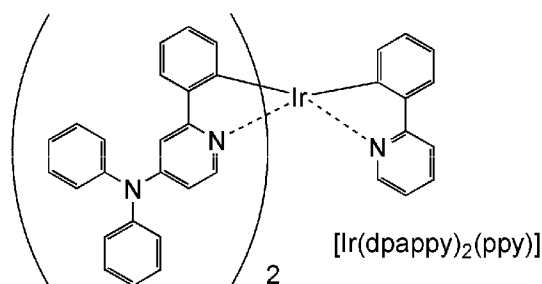
[0326]

《合成例7》

本合成例では、イリジウムを中心金属とし、正孔輸送性を有する第1の骨格と、発光性を有する第2の骨格と、を有する配位子を有する有機金属錯体、ビス[2-(4-ジフェニルアミノ-2-ピリジニル- κ N)フェニル- κ C][2-(2-ピリジニル- κ N)フェニル- κ C]イリジウム(III)(略称： $[\text{Ir}(\text{dpapp})_2(\text{ppy})]$)の合成例を示す。 $[\text{Ir}(\text{dpapp})_2(\text{ppy})]$ の構造式を以下に示す。

[0327]

[化30]



[0328]

＜ステップ1：4-クロロ-2-フェニルピリジンの合成＞

4-クロロ-2-フェニルピリジンは、実施例1における合成例1のステップ1と同様に合成した。

[0329]

＜ステップ2：4-ジフェニルアミノ-2-フェニルピリジンの合成(略称：Hdpapp)の合成＞

Hdpappは、実施例8における合成例6のステップ2と同様に合成した。

[0330]

＜ステップ3：ビス[2-(4-ジフェニルアミノ-2-ピリジニル- κ N)フェニル- κ C][2-(2-ピリジニル- κ N)フェニル- κ C]イリジウム(III)(略称： $[\text{Ir}(\text{dpapp})_2(\text{ppy})]$)の合成＞

まず、ジ- μ -クロロ-テトラキス{2-[2-ピリジニル- κ N]フェニル- κ C}ジイリジウム(III)(略称： $[\text{Ir}(\text{ppy})_2\text{Cl}]_2$) 1.8 gとジクロロメタン180 mLを三口フラスコに入れフラスコ内を窒素置換した。ここに、銀トリフラート1.1 gとメタノール86 mLの混合

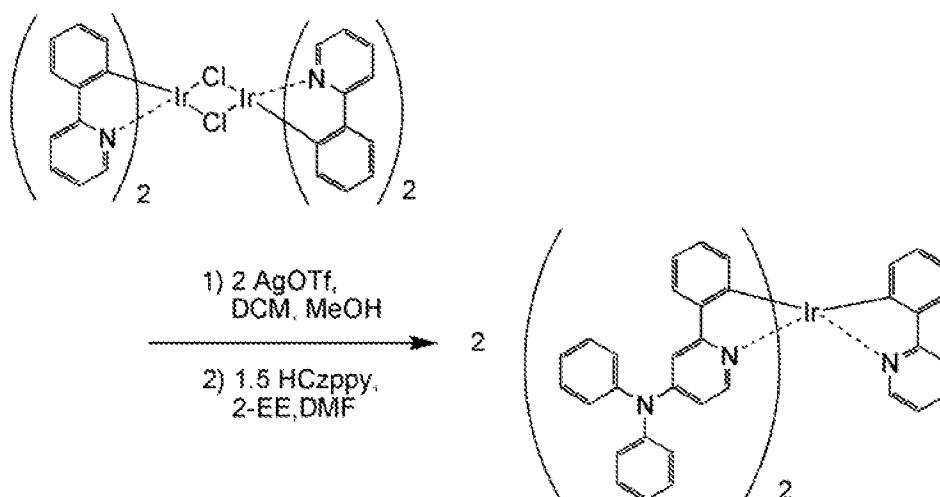
液を滴下し、室温にて20時間攪拌した。得られた混合物を、セライトを通した後、濃縮し、固体を得た。この固体にH d p a p p y 1.5 g、2-エトキシエタノール（略称：2-EE）35 mL、N, N-ジメチルホルムアミド（略称：DMF）35 mLを加え、窒素雰囲気下にて17時間還流させた。得られた混合物を濃縮し、ジクロロメタン：ヘキサン=1：1を展開溶媒としたシリカゲルカラムクロマトグラフィーにて精製した。その後さらにクロロホルムを移動相とした高速液体クロマトグラフィーにて精製した。得られた溶液を濃縮し、ジクロロメタンとヘキサンの混合溶媒にて再結晶することにより、橙色固体を得た（収率：7.7%）。

[0331]

得られた橙色固体0.22 gを、トレインサブリメーション法により昇華精製した。昇華精製条件は、圧力1.5 Paにて、アルゴン流量5 mL/min、330℃で固体を加熱した。昇華精製後、目的物の橙色固体を収率64%で得た。また、ステップ3の合成スキームを下に示す。

[0332]

[化31]



[0333]

なお、上記ステップ3で得られた橙色固体の核磁気共鳴分光法（ ^1H -NMR）による分析結果を下記に示す。また、 ^1H -NMRチャートを図41に示す。この結果から、本合成例において、本発明の一態様である有機金属錯体 $[\text{Ir}(\text{dpppy})_2(\text{ppy})]$ が得られたことがわかった。

[0334]

^1H -NMR. δ (CD_2Cl_2): 6.29 (dd, 1H)、6.43 (dd, 1H)、6.72–6.69 (m, 3H)、6.75–7.73 (m, 2H)、6.80–6.79 (m, 2H)、6.89–6.86 (m, 1H)、6.95 (t, 1H)、7.10 (d, 1H)、7.42–7.19 (m, 26H)、7.60 (t, 1H)、7.65 (d, 1H)、7.71 (d, 1H)、7.87 (d, 1H)。

[0335]

続いて、 $[\text{Ir}(\text{dpppy})_2(\text{ppy})]$ のジクロロメタン溶液の紫外可視吸収スペクトル（以下、単に「吸収スペクトル」という）及び発光スペクトルを測定した。吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計（（株）日本分光製 V550型）を用い、ジクロロメタン溶液（0.010 mmol/L）を石英セルに入れ、室温で測定を行った。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、脱気したジクロロメタン溶液（0.010 mmol/L）を石英セルに入れ、室温で測定を行った。得られた吸収スペクトル及び発光スペクトルの

測定結果を図42に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度および発光強度を表す。また、図42において2本の実線が示されているが、細い実線は吸収スペクトルを示し、太い実線は発光スペクトルを示している。図42に示す吸収スペクトルは、ジクロロメタン溶液（0.010mmol/L）を石英セルに入れて測定した吸収スペクトルから、ジクロロメタンのみを石英セルに入れて測定した吸収スペクトルを差し引いた結果を示している。

[0336]

図42に示す通り、本発明の一様態である有機金属錯体 $[\text{Ir}(\text{mdppy})_2(\text{pppy})]$ は、534nmに発光ピークを有しており、ジクロロメタン溶液からは黄緑色の発光が観測された。

[実施例10]

[0337]

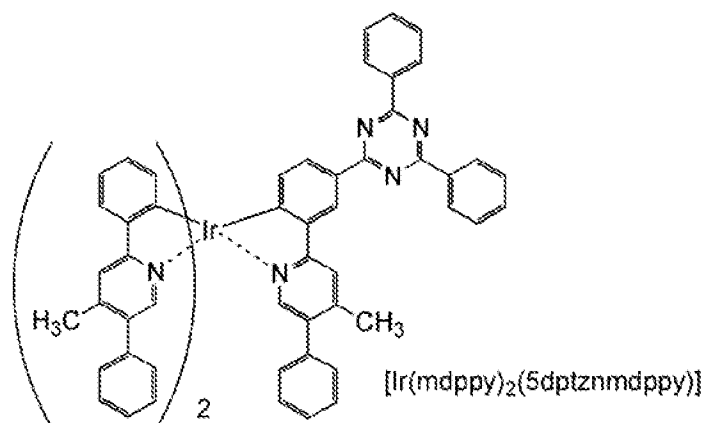
《合成例8》

本合成例では、イリジウムを中心金属とし、電子輸送性を有する第1の骨格と、発光性を有する第2の骨格と、を有する配位子を有する有機金属錯体である、 $[4-(4,6\text{-ジフェニル}-1,3,5\text{-トリアジン}-2\text{-イル})-2-(4\text{-メチル}-5\text{-フェニル}-2\text{-ピリジニル}-\kappa\text{N})\text{フェニル}-\kappa\text{C}]$ ビス $[2-(4\text{-メチル}-5\text{-フェニル}-2\text{-ピリジニル}-\kappa\text{N})\text{フェニル}-\kappa\text{C}]$ イリジウム(III)（略称： $[\text{Ir}(\text{mdppy})_2(5\text{dptznmppy})]$ ）の合成例を示す。

$[\text{Ir}(\text{mdppy})_2(5\text{dptznmppy})]$ の構造式を以下に示す。

[0338]

[化32]



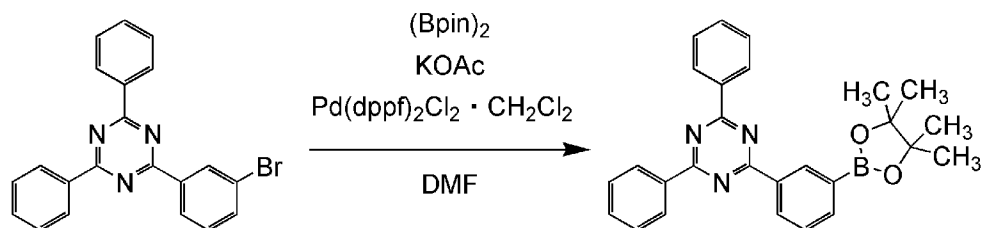
[0339]

＜ステップ1：3-(4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン-2-イル)フェニルボロン酸ピナコールエステルの合成＞

まず、2-(3-ブロモフェニル)-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン10g、ビス(ピナコラト)ジボロン7.9g（略称： $(\text{Bpin})_2$ ）、酢酸カリウム7.6g、DMF125mLを、還流管を付けた三口フラスコに入れ、フラスコ内を窒素置換した。さらに $[1,1'\text{-ビス(ジフェニルホスフィノ)フェロセン}]$ パラジウム(II)ジクロリドジクロロメタン付加物（略称： $\text{Pd}(\text{dppf})_2\text{Cl}_2 \cdot \text{CH}_2\text{Cl}_2$ ）0.21gを加え、150℃にて3時間加熱攪拌した。得られた反応溶液の溶媒を留去し、トルエンを展開溶媒としたシリカゲルカラムクロマトグラフィーにて精製することにより、目的物を7.1g（収率：63%、白色固体）得た。またステップ1の合成スキームを下に示す。

[0340]

[化33]



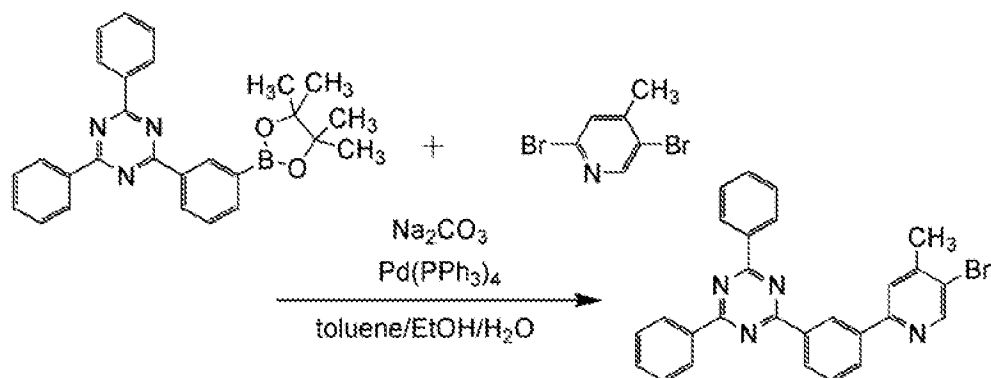
[0341]

<ステップ2：5-ブロモ-2-[3-(4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン-2-イル)フェニル]-4-メチルピリジンの合成>

次に、上記ステップ1で得た3-(4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン-2-イル)フェニルボロン酸ピナコールエステル6.0g、2,5-ジブロモ-4-メチルピリジン4.4g、炭酸ナトリウム3.9gを水21mLに溶かした溶液、トルエン84mL、エタノール21mLを、還流管をつけた三口フラスコに入れ、フラスコ内を窒素置換した。さらにテトラキス(トリフェニルホスフィン)パラジウム(0)0.64gを加え、100℃にて13時間加熱撹拌した。反応後、トルエンによる抽出を行った。溶媒を留去し、酢酸エチルとヘキサンの混合溶媒にて再結晶することにより、目的物を6.4g(収率：97%、白色固体)得た。またステップ2の合成スキームを下に示す。

[0342]

[化34]



[0343]

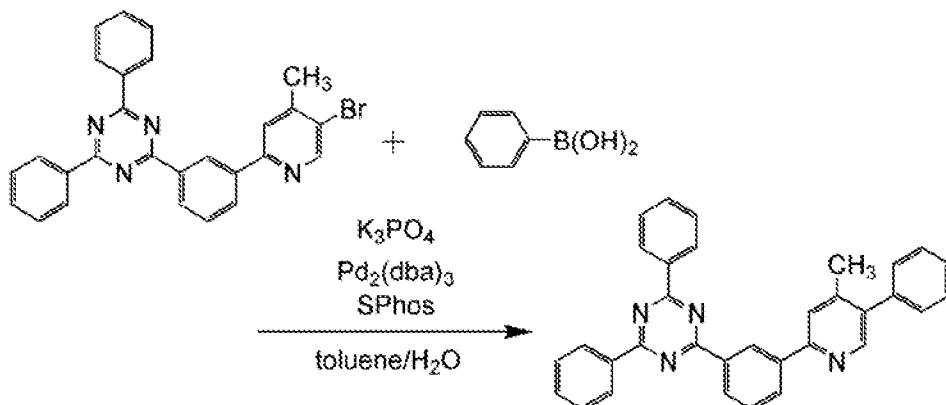
<ステップ3：2-[3-(4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン-2-イル)フェニル]-4-メチル-5-フェニルピリジンの合成(略称：H5dptznmppy)の合成>

次に、上記ステップ2で得た5-ブロモ-2-[3-(4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン-2-イル)フェニル]-4-メチルピリジン6.4g、フェニルボロン酸1.8g、リン酸三カリウム3.4g、トルエン65mL、水6.5mLを、還流管をつけた三口フラスコに入れ、フラスコ内を窒素置換した。さらに2-ジシクロヘキシルホスフィノ-2',6'-ジメトキシビフェニル(略称：SPhos)0.22g、トリス(ジベンジリデンアセトン)ジパラジウム(0)(略称：Pd₂(dba)₃)0.12gを加え、8時間加熱させた。反応後、トルエンによる抽出を行った。その後、トルエンを展開溶媒としたシリカゲルカラムクロマトグラフィーにて精製することにより、目的物を5.4g(収率：86%、淡黄色固体)を得た。また、ステップ3の合成スキームを下に示す。

す。

[0344]

[化35]

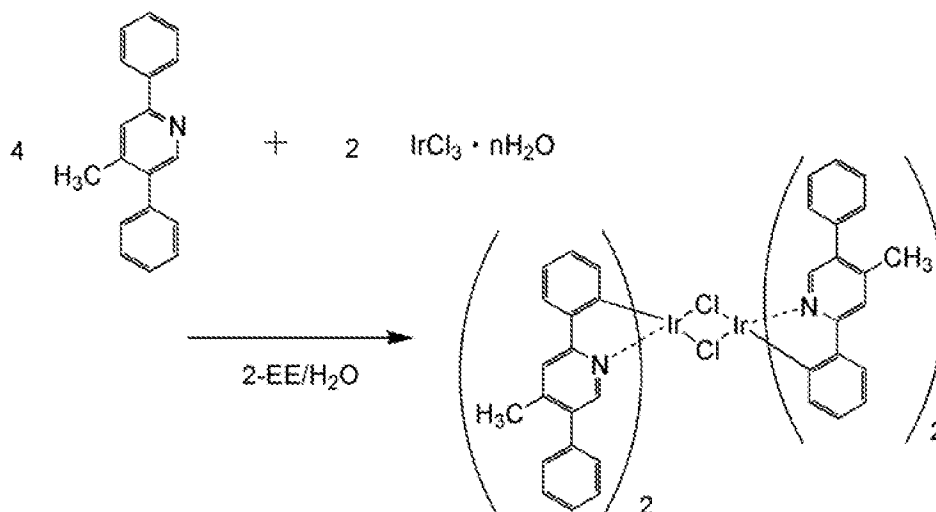


[0345]

<ステップ4：ジ- μ -クロロテトラキス[2-(4-メチル-5-フェニル-2-ピリジニル- κ N)フェニル- κ C]ジイリジウム(III) (略称：[Ir(mdp py)₂Cl]₂)の合成>
次に、4-メチル-2,5-ジフェニルピリジン (略称：Hmd p p y) 3.2 g、塩化イリジウム(III)水和物1.9 g、2-エトキシエタノール (略称：2-EE) 21 mL、水 7 mLを、還流管を付けた丸底フラスコに入れ、アルゴンバブリングをしながらマイクロ波 (2.45 GHz、100 W) を1時間照射した。得られた混合物をろ過し、メタノールにて洗浄することにより、目的物を3.2 g (収率72%、黄色固体) 得た。また、ステップ4の合成スキームを下に示す。

[0346]

[化36]



[0347]

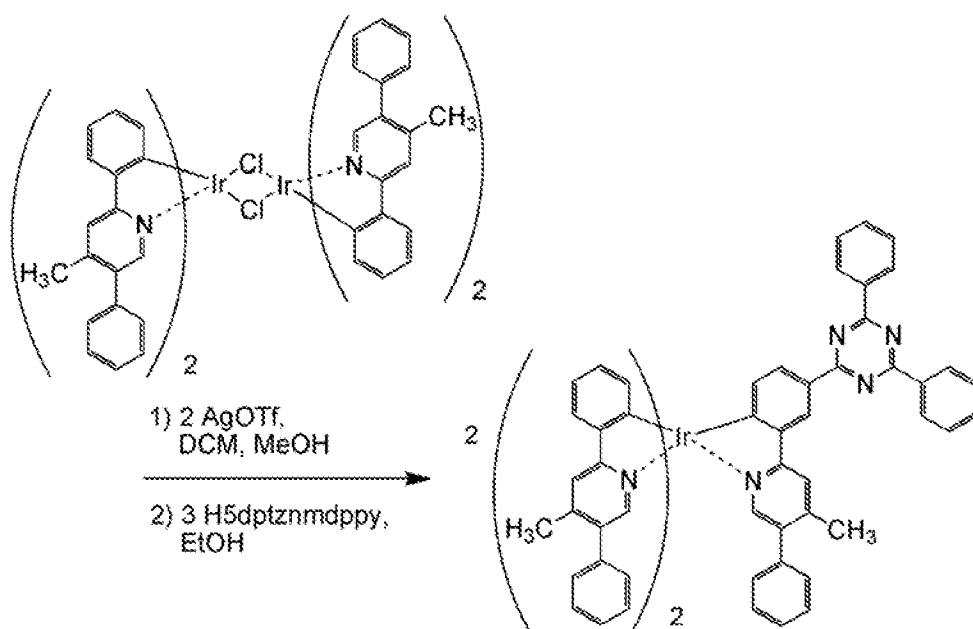
<ステップ5：[4-(4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン-2-イル)-2-(4-メチル-5-フェニル-2-ピリジニル- κ N)フェニル- κ C]ビス[2-(4-メチル-5-フェニル-2-ピリジニル- κ N)フェニル- κ C]イリジウム(III) (略称：[Ir(mdp py)₂(5dp t z nmd p p y)]₂)>

次に、上記ステップ4で得た [Ir(mdp py)₂Cl]₂ 3.2 g とジクロロメタン 230 mL

Lを三口フラスコに入れフラスコ内を窒素置換した。ここに、銀トリフラート1.5gとメタノール110mLの混合液を滴下し、室温にて20時間攪拌した。得られた混合物を、セライトを通した後、濃縮し、固体を得た。この固体に上記ステップ3で得たH5dptznmppy 5.4g、エタノール75mLを加え、窒素雰囲気下にて17時間還流させた。得られた反応物をろ過し、ろ物をクロロホルムを展開溶媒としたシリカゲルカラムクロマトグラフィーにて精製した。その後さらにクロロホルムを移動相とした高速液体クロマトグラフィーにて精製した。得られた溶液を濃縮し、クロロホルムとヘキサンの混合溶媒にて再結晶することにより黄色固体を得た（収率：41%）。また、ステップ5の合成スキームを下に示す。

[0348]

[化37]



[0349]

なお、上記ステップ5で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43に示す。この結果から、本合成例によって $[\text{Ir}(\text{mdppy})_2(\text{5dptznmppy})]$ が得られたことがわかった。

[0350]

$^1\text{H-NMR}$. δ (CD_2Cl_2): 2.31 (s, 3H)、2.34 (s, 3H)、2.43 (s, 3H)、6.83–6.98 (m, 6H)、7.03–7.09 (m, 6H)、7.15 (d, 1H)、7.30–7.39 (m, 9H)、7.49 (d, 2H)、7.54 (s, 1H)、7.57–7.63 (m, 6H)、7.70 (t, 2H)、7.80 (s, 2H)、8.08 (s, 1H)、8.21 (d, 1H)、8.78 (d, 4H)、9.03 (s, 1H)。

[0351]

続いて、 $[\text{Ir}(\text{mdppy})_2(\text{5dptznmppy})]$ のジクロロメタン溶液の紫外可視吸収スペクトル（以下、単に「吸収スペクトル」という）及び発光スペクトルを測定した。吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計（(株)日本分光製 V550型）を用い、ジクロロメタン溶液（0.010mmol/L）を石英セルに入れ、室温で測定を行った。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、脱気したジクロロメタン溶液

(0.010 mm o l / L) を石英セルに入れ、室温で測定を行った。得られた吸収スペクトル及び発光スペクトルの測定結果を図 4 4 に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度および発光強度を表す。また、図 4 4 において 2 本の実線が示されているが、細い実線は吸収スペクトルを示し、太い実線は発光スペクトルを示している。図 4 4 に示す吸収スペクトルは、ジクロロメタン溶液 (0.010 mm o l / L) を石英セルに入れて測定した吸収スペクトルから、ジクロロメタンのみを石英セルに入れて測定した吸収スペクトルを差し引いた結果を示している。

[0352]

図 4 4 に示す通り、本発明の一様態である有機金属錯体 $[\text{Ir}(\text{mdppy})_2(5\text{dptznmppy})]$ は、519 nm に発光ピークを有しており、ジクロロメタン溶液からは黄緑色の発光が観測された。

[実施例 11]

[0353]

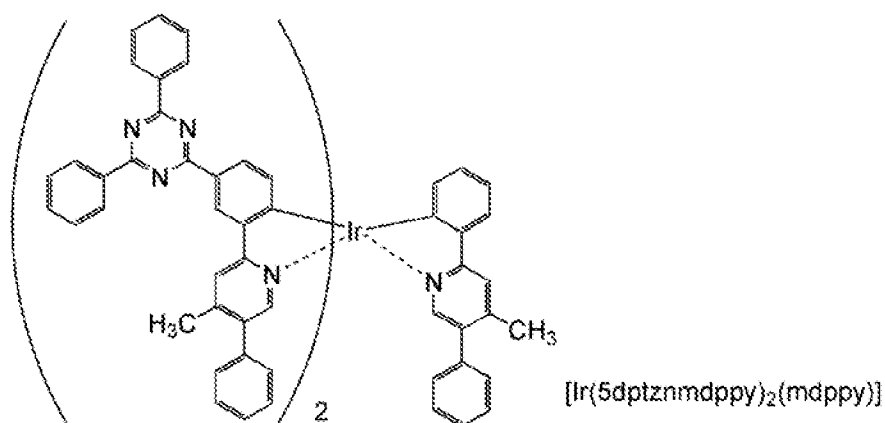
《合成例 9》

本合成例では、イリジウムを中心金属とし、電子輸送性を有する第 1 の骨格と、発光性を有する第 2 の骨格と、を有する配位子を有する有機金属錯体である、ビス[4-(4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン-2-イル)-2-(4-メチル-5-フェニル-2-ピリジン- κ N)フェニル- κ C][2-(4-メチル-5-フェニル-2-ピリジン- κ N)フェニル- κ C]イリジウム(III) (略称: $[\text{Ir}(5\text{dptznmppy})_2(\text{mdppy})]$) の合成例を開示する。

$[\text{Ir}(5\text{dptznmppy})_2(\text{mdppy})]$ の構造式を以下に示す。

[0354]

[化 38]



[0355]

<ステップ 1: 3-(4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン-2-イル)フェニルボロン酸ピナコールエステルの合成>

3-(4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン-2-イル)フェニルボロン酸ピナコールエステルは実施例 10 における合成例 8 のステップ 1 と同様に合成した。

[0356]

<ステップ 2: 5-ブロモ-2-[3-(4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン-2-イル)フェニル]-4-メチルピリジンの合成>

5-ブロモ-2-[3-(4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン-2-イル)フェニル]-

4-メチルピリジンは、実施例10における合成例8のステップ2と同様に合成した。

[0357]

<ステップ3：2-[3-(4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン-2-イル)フェニル]-4-メチル-5-フェニルピリジンの合成(略称：H5dptznmdppy)の合成>

H5dptznmdppyは、実施例10における合成例8のステップ3と同様に合成した。

[0358]

<ステップ4：ジ- μ -クロロテトラキス[2-(4-メチル-5-フェニル-2-ピリジニル- κ N)フェニル- κ C]ジイリジウム(III)(略称：[Ir(mdppy)₂Cl]₂)の合成>

[Ir(mdppy)₂Cl]₂は実施例10における合成例8のステップ4と同様に合成した。

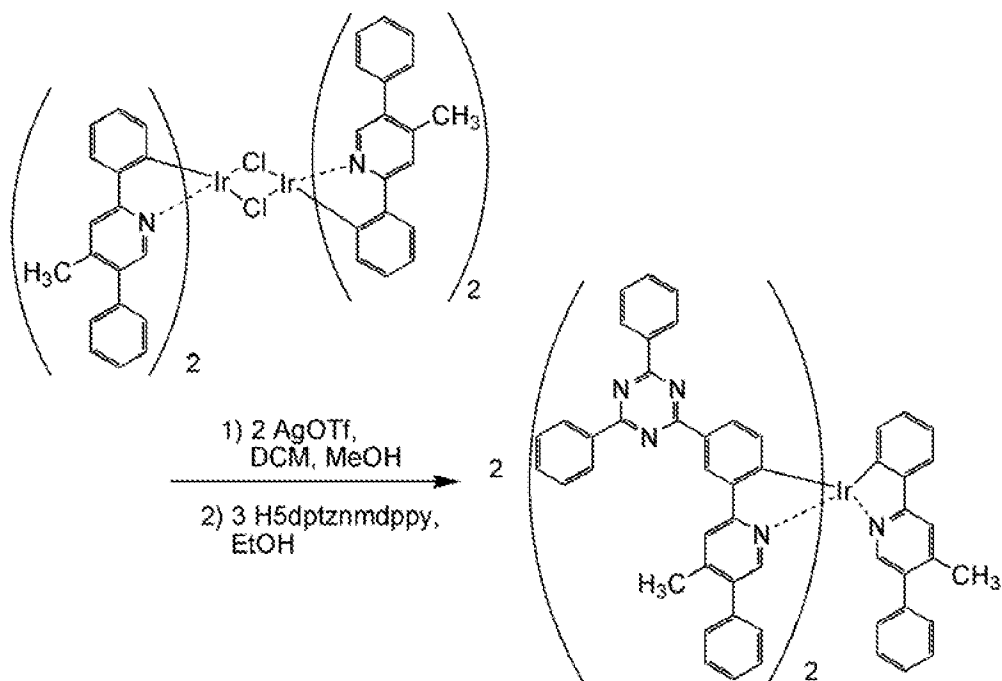
[0359]

<ステップ5：[Ir(5dptznmdppy)₂(mdppy)]の合成>

ステップ4で合成した[Ir(mdppy)₂Cl]₂ 3.2gとジクロロメタン230mLを三口フラスコに入れフラスコ内を窒素置換した。ここに、銀トリフラート1.5gとメタノール110mLの混合液を滴下し、室温にて20時間攪拌した。得られた混合物を、セライトを通した後、濃縮し、固体を得た。この固体にステップ3で合成したH5dptznmdppy 5.4gと、エタノール75mLとを加え、窒素雰囲気下にて17時間還流させた。得られた反応物をろ過し、ろ物をクロロホルムを展開溶媒としたシリカゲルカラムクロマトグラフィーにて精製した。その後さらにクロロホルムを移動相とした高速液体クロマトグラフィーにて精製した。得られた溶液を濃縮し、クロロホルムとヘキサンとの混合溶媒にて再結晶することにより黄色固体を得た(収率：7.1%)。また、ステップ5の合成スキームを下に示す。

[0360]

[化39]



[0361]

なお、上記ステップ5で得られた黄色固体の核磁気共鳴分光法(¹H-NMR)による分析結果を下記に示す。また、¹H-NMRチャートを図45に示す。この結果から、本合成例において、本発明

の一態様である有機金属錯体 $[\text{Ir}(\text{5dpztznmppy})_2(\text{mdppy})]$ が得られたことがわかった。

[0362]

$^1\text{H-NMR}$. δ (CD_2Cl_2): 2.34 (s, 3H)、2.43 (s, 3H)、2.45 (s, 3H)、6.89–7.00 (m, 3H)、7.05–7.12 (m, 6H)、7.20 (dd, 2H)、7.31–7.40 (m, 9H)、7.51 (s, 1H)、7.55–7.65 (m, 14H)、7.74 (d, 1H)、7.83 (s, 1H)、8.12 (s, 2H)、8.22 (d, 1H)、8.27 (d, 1H)、8.76 (d, 4H)、8.80 (d, 4H)、9.08 (d, 2H)。

[0363]

続いて、 $[\text{Ir}(\text{5dpztznmppy})_2(\text{mdppy})]$ のジクロロメタン溶液の紫外可視吸収スペクトル（以下、単に「吸収スペクトル」という）及び発光スペクトルを測定した。吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計（（株）日本分光製 V550型）を用い、ジクロロメタン溶液（0.010mmol/L）を石英セルに入れ、室温で測定を行った。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、脱気したジクロロメタン溶液（0.010mmol/L）を石英セルに入れ、室温で測定を行った。得られた吸収スペクトル及び発光スペクトルの測定結果を図46に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度および発光強度を表す。また、図46において2本の実線が示されているが、細い実線は吸収スペクトルを示し、太い実線は発光スペクトルを示している。図46に示す吸収スペクトルは、ジクロロメタン溶液（0.010mmol/L）を石英セルに入れて測定した吸収スペクトルから、ジクロロメタンのみを石英セルに入れて測定した吸収スペクトルを差し引いた結果を示している。

[0364]

図46に示す通り、本発明の一態様である有機金属錯体 $[\text{Ir}(\text{5dpztznmppy})_2(\text{mdppy})]$ は、510nmに発光ピークを有しており、ジクロロメタン溶液からは黄緑色の発光が観測された。

[実施例12]

[0365]

本実施例では、本発明の一態様である発光素子として、実施例10で説明した $[\text{Ir}(\text{mdppy})_2(\text{5dpztznmppy})]$ （構造式(103)）を発光層のゲスト材料として用いた発光素子4、また、 $[\text{Ir}(\text{ppy})_3]$ を発光層のゲスト材料として用いた比較発光素子2、についてこれらの素子構造、作製方法およびその特性について説明する。なお、本実施例で用いる発光素子の素子構造を図21に示し、具体的な構成について表5に示す。また、本実施例で用いる材料の化学式を示す。

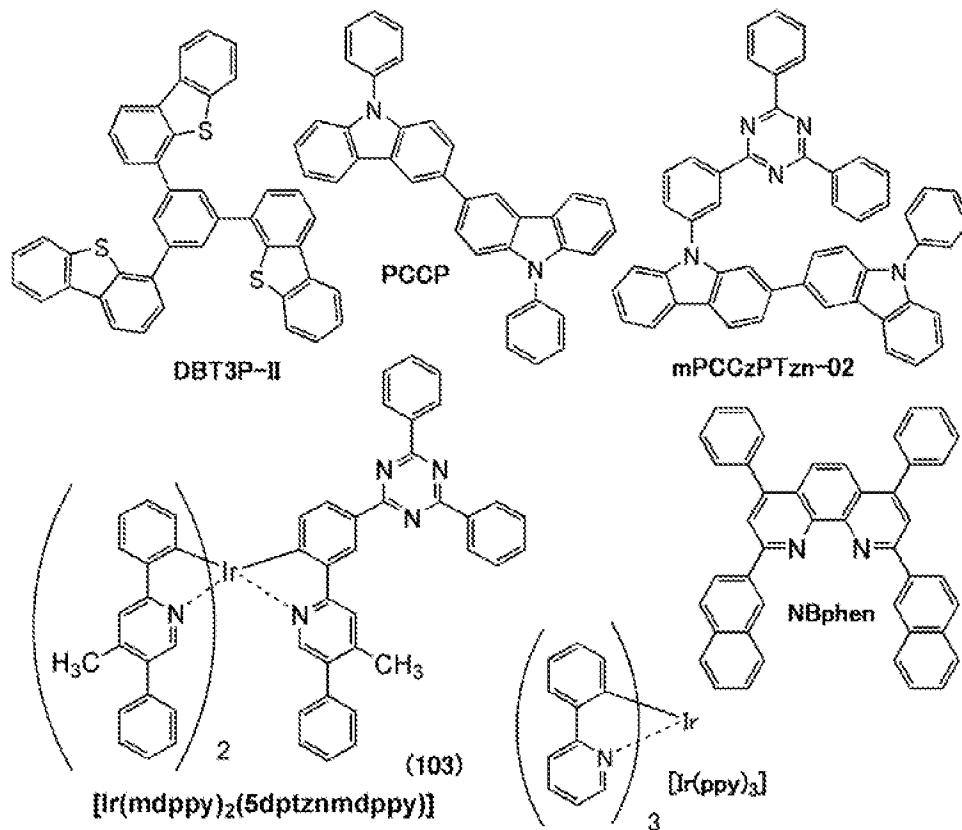
[0366]

[表 5]

	正孔 注入層 40nm	正孔 輸送層 20nm	発光層 40nm	電子 輸送層 20nm	電子 輸送層 10nm	電子 注入層 1nm
発光素子 4	DBT3P-II : MoOx (2:1)	PCCP	mPCCzPTzn-02 : PCCP : Ir(mdppy) ₂ (5dptznmppy)	mPCCzPTzn-02	NBPhen	LiF
比較 発光素子 2			mPCCzPTzn-02 : PCCP : Ir(ppy) ₃			

[0367]

[化40]



[0368]

《発光素子の作製》

本実施例で示す発光素子は、図21に示すように基板1900上に形成された陽極901上に正孔注入層1911、正孔輸送層1912、発光層1913、電子輸送層1914、電子注入層1915が順次積層され、電子注入層1915上に陰極1903が積層された構造を有する。

[0369]

まず、基板1900上に陽極1901を形成した。電極面積は、 4 mm^2 ($2\text{ mm} \times 2\text{ mm}$)とした。また、基板1900には、ガラス基板を用いた。また、陽極1901は、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物 (ITO) をスパッタリング法により、 70 nm の膜厚で成膜して形成した。

[0370]

ここで、前処理として、基板の表面を水で洗浄し、 200°C で1時間焼成した後、UVオゾン処理を

370秒行った。その後、 10^{-4} Pa程度まで内部が減圧された真空蒸着装置に基板を導入し、真空蒸着装置内の加熱室において、 170°C で60分間の真空焼成を行った後、基板を30分程度放冷した。

[0371]

次に、陽極1901上に正孔注入層1911を形成した。正孔注入層1911は、真空蒸着装置内を 10^{-4} Paに減圧した後、1, 3, 5-トリ（ジベンゾチオフェン-4-イル）ベンゼン（略称：DBT3P-I I）と酸化モリブデンとを、DBT3P-I I：酸化モリブデン＝2：1（重量比）とし、膜厚が40nmとなるように共蒸着して形成した。

[0372]

次に、正孔注入層1911上に正孔輸送層1912を形成した。正孔輸送層1912は、9-フェニル-9H-3-（9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル）カルバゾール（略称：PCCP）を用い、膜厚が20nmになるように蒸着して形成した。

[0373]

次に、正孔輸送層1912上に発光層1913を形成した。

[0374]

発光層1913は、発光素子4の場合は、ホスト材料として9-〔3-（4, 6-ジフェニル-1, 3, 5-トリアジン-2-イル）フェニル〕-9'-フェニル-2, 3'-ビ-9H-カルバゾール（略称：mPCCzPTzn-02）を用い、アシスト材料としてPCCP、ゲスト材料（燐光材料）として〔4-（4, 6-ジフェニル-1, 3, 5-トリアジン-2-イル）-2-（4-メチル-5-フェニル-2-ピリジニル- κ N）フェニル- κ C〕ビス〔2-（4-メチル-5-フェニル-2-ピリジニル- κ N）フェニル- κ C〕イリジウム（I I I）（略称：〔Ir（mdppy）₂（5dptznmppy）〕）を用い、重量比がmPCCzPTzn-02：PCCP：〔Ir（ppy）₂（Czppy）〕＝0.6：0.4：0.10（重量比）となるように共蒸着した。なお、膜厚は40nmとした。

[0375]

発光層1913は、比較発光素子2の場合は、ホスト材料としてmPCCzPTzn-02を用い、アシスト材料としてPCCP、ゲスト材料（燐光材料）として〔Ir（ppy）₃〕を用い、重量比がmPCCzPTzn-02：PCCP：〔Ir（ppy）₃〕＝0.5：0.5：0.10（重量比）となるように共蒸着した。なお、膜厚は20nmとした。さらに、mPCCzPTzn-02：PCCP：〔Ir（ppy）₃〕＝0.8：0.2：0.1（重量比）となるように共蒸着した。なお、膜厚は、20nmとした。従って、発光層1913は、膜厚40nmの積層構造を有する。

[0376]

次に、発光層1913上に電子輸送層1914を形成した。電子輸送層1914は、mPCCzPTzn-02の膜厚が15nm、バソフェナントロリン（略称：Bphen）の膜厚が10nmとなるように順次蒸着して形成した。

[0377]

次に、電子輸送層1914上に電子注入層1915を形成した。電子注入層1915は、フッ化リチウム（LiF）を用い、膜厚が1nmになるように蒸着して形成した。

[0378]

次に、電子注入層1915上に陰極1903を形成した。陰極1903は、アルミニウムを蒸着法に

より、膜厚が200nmとなるように形成した。

[0379]

以上の工程により、基板1900上に一对の電極間にEL層を挟んでなる発光素子を形成した。なお、上記工程で説明した正孔注入層1911、正孔輸送層1912、発光層1913、電子輸送層1914、電子注入層1915は、本発明の一態様におけるEL層を構成する機能層である。また、上述した作製方法における蒸着工程では、全て抵抗加熱法による蒸着法を用いた。

[0380]

また、上記に示すように作製した発光素子は、別の基板（図示せず）により封止される。なお、当該基板を用いた封止の際は、窒素雰囲気グローブボックス内において、封止材を用いて別の基板を基板1900上に固定し、シール材を基板1900上に形成された発光素子の周囲に塗布し、封止時に365nmの紫外光を6J/cm²照射し、80℃にて1時間熱処理することにより行った。

[0381]

《発光素子の動作特性》

作製した各発光素子（発光素子4、比較発光素子2）の動作特性について測定した。なお、測定は室温（25℃に保たれた雰囲気）で行った。また、結果を図47～図51に示す。

[0382]

これらの結果より、本発明の一態様である発光素子（発光素子4、比較発光素子2）は、良好な電流効率と高い外部量子効率を示していることがわかる。また、1000cd/m²付近における各発光素子の主な初期特性値を以下の表6に示す。

[0383]

[表6]

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度 (x,y)	電流効率 (cd/A)	パワー効率 (lm/W)	外部量子 効率(%)
発光素子4	2.8	0.053	1.3	(0.33,0.64)	94	106	26
比較 発光素子2	3.2	0.051	1.3	(0.31,0.64)	85	83	23

[0384]

また、発光素子4、比較発光素子2に2.5mA/cm²の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを、図52に示す。図52に示す通り、発光素子4の発光スペクトルは520nm付近にピークを有しており、発光層1913に含まれる有機金属錯体、[Ir(mdp py)₂(5dp t z nm d p p y)]の発光に由来していることが示唆される。また、比較発光素子2の発光スペクトルは516nm付近にピークを有しており、発光層1913に含まれる有機金属錯体、[Ir(p p y)₃]の発光に由来していることが示唆される。

[0385]

なお、発光素子4に用いた本発明の一態様である有機金属錯体は、ジフェニルピリジン骨格にジフェニルトリアジン骨格が結合した配位子を有することで、キャリア（電子orホール）の注入や輸送を容易にすることができる。このことから、素子の発光効率を向上させることができ、また、駆動電圧を低減させることができ、発光素子4は比較発光素子2と比べて電流効率が高く、駆動電圧が低い発光素子とすることができた。

[0386]

続いて、電流値を2mAとし、電流密度一定の条件における駆動時間に対する輝度の変化を表すグラフを図53に示す。この結果より、本発明の一態様の発光素子である発光素子4は、比較発光素子2と同様の良好な信頼性を有する発光素子であることがわかった。

[実施例13]

[0387]

本実施例では、本発明の一態様である発光素子である実施例8で説明した $[\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{dpapp})]$ （構造式(104)）を発光層のゲスト材料として用いた発光素子5と、比較発光素子である $[\text{Ir}(\text{ppy})_3]$ を発光層のゲスト材料として用いた比較発光素子3の素子構造、作製方法およびその特性について説明する。なお、本実施例で説明した発光素子の素子構造を図21に示し、具体的な構成について表7に示す。また、本実施例で用いる材料の化学式を示す。

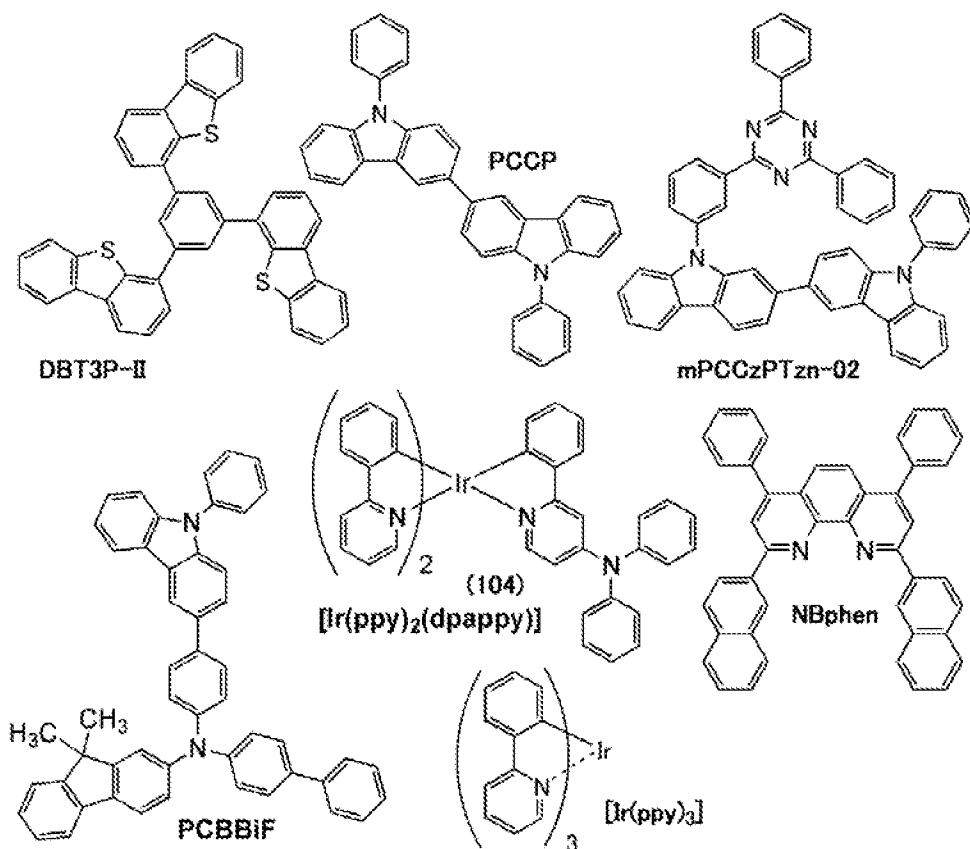
[0388]

[表7]

	正孔 注入層 40nm	正孔 輸送層 20nm	発光層 40nm	電子 輸送層		電子 注入層 1nm
				20nm	10nm	
発光素子 5	DBT3P-II :MoOx (2:1)	PCCP	mPCCzPTzn-02 :PCBBiF :Ir(ppy) ₂ (dpappy) (0.6:0.4:0.1)	mPCCzPTzn-02	NBPhen	LiF
比較 発光素子 3			mPCCzPTzn-02 :PCBBiF :Ir(ppy) ₃ (0.6:0.4:0.1)			

[0389]

[化 4 1]



[0390]

《発光素子の作製》

本実施例で示す発光素子は、図21に示すように基板1900上に形成された陽極901上に正孔注入層1911、正孔輸送層1912、発光層1913、電子輸送層1914、電子注入層1915が順次積層され、電子注入層1915上に陰極1903が積層された構造を有する。

[0391]

まず、基板1900上に陽極1901を形成した。電極面積は、 4 mm^2 ($2\text{ mm} \times 2\text{ mm}$)とした。また、基板1900には、ガラス基板を用いた。また、陽極1901は、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物 (ITO) をスパッタリング法により、 70 nm の膜厚で成膜して形成した。

[0392]

ここで、前処理として、基板の表面を水で洗浄し、 200°C で1時間焼成した後、UVオゾン処理を370秒行った。その後、 10^{-4} Pa 程度まで内部が減圧された真空蒸着装置に基板を導入し、真空蒸着装置内の加熱室において、 170°C で60分間の真空焼成を行った後、基板を30分程度放冷した。

[0393]

次に、陽極1901上に正孔注入層1911を形成した。正孔注入層1911は、真空蒸着装置内を 10^{-4} Pa に減圧した後、1, 3, 5-トリ (ジベンゾチオフェン-4-イル) ベンゼン (略称: DBT3P-II) と酸化モリブデンとを、DBT3P-II : 酸化モリブデン = 2 : 1 (重量比) とし、膜厚が 40 nm となるように共蒸着して形成した。

[0394]

次に、正孔注入層 1911 上に正孔輸送層 1912 を形成した。正孔輸送層 1912 は、9-フェニル-9H-3-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル) カルバゾール (略称: PCCP) を用い、膜厚が 20 nm になるように蒸着して形成した。

[0395]

次に、正孔輸送層 1912 上に発光層 1913 を形成した。

[0396]

発光層 1913 は、発光素子 5 の場合、ホスト材料として 9-[3-(4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン-2-イル) フェニル]-9'-フェニル-2,3'-ビ-9H-カルバゾール (略称: mPCCzPTzn-02)、アシスト材料として N-(1,1'-ビフェニル-4-イル)-9,9-ジメチル-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル) フェニル]-9H-フルオレン-2-アミン (略称: PCBBiF)、およびゲスト材料 (燐光材料) として [2-(4-ジフェニルアミノ-2-ピリジニル-κN) フェニル-κC] ビス [2-(2-ピリジニル-κN) フェニル-κC] イリジウム (III) (略称: [Ir(ppy)₂(dpppy)]) を用い、mPCCzPTzn-02:PCBBiF:[Ir(ppy)₂(Czppy)]=0.6:0.4:0.1 (重量比) となるように共蒸着した。なお、膜厚は 40 nm とした。

[0397]

発光層 1913 は、比較発光素子 3 の場合、ホスト材料として mPCCzPTzn-02、アシスト材料として PCBBiF、およびゲスト材料 (燐光材料) として [Ir(ppy)₃] を用い、mPCCzPTzn-02:PCBBiF:[Ir(ppy)₃]=0.6:0.4:0.1 (重量比) となるように共蒸着した。なお、膜厚は 40 nm とした。

[0398]

次に、発光層 1913 上に電子輸送層 1914 を形成した。電子輸送層 1914 は、mPCCzPTzn-02 の膜厚が 20 nm、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) の膜厚が 10 nm となるように順次蒸着して形成した。

[0399]

次に、電子輸送層 1914 上に電子注入層 1915 を形成した。電子注入層 1915 は、フッ化リチウム (LiF) を用い、膜厚が 1 nm になるように蒸着して形成した。

[0400]

次に、電子注入層 1915 上に陰極 1903 を形成した。陰極 1903 は、アルミニウムを蒸着法により、膜厚が 200 nm となるように形成した。

[0401]

以上の工程により、基板 1900 上に一对の電極間に EL 層を挟んでなる発光素子を形成した。なお、上記工程で説明した正孔注入層 1911、正孔輸送層 1912、発光層 1913、電子輸送層 1914、電子注入層 1915 は、本発明の一態様における EL 層を構成する機能層である。また、上述した作製方法における蒸着工程では、全て抵抗加熱法による蒸着法を用いた。

[0402]

また、上記に示すように作製した発光素子は、別の基板 (図示せず) により封止される。なお、当該基板を用いた封止の際は、窒素雰囲気グローブボックス内において、封止材を用いて別の基板を基板 1900 上に固定し、シール材を基板 1900 上に形成された発光素子の周囲に塗布し、封止時に

365 nmの紫外光を6 J/cm²照射し、80℃にて1時間熱処理することにより行った。

[0403]

《発光素子の動作特性》

作製した各発光素子（発光素子5、比較発光素子3）の動作特性について測定した。なお、測定は室温（25℃に保たれた雰囲気）で行った。また、結果を図54～図58に示す。

[0404]

これらの結果より、本発明の一態様である発光素子（発光素子5、比較発光素子3）は、良好な電流効率と高い外部量子効率を示していることがわかる。また、1000 cd/m²付近における各発光素子の主な初期特性値を表8に示す。

[0405]

[表8]

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度 (x,y)	電流効率 (cd/A)	ハーフ効率 (lm/W)	外部量子 効率(%)
発光素子5	2.7	0.068	1.7	(0.33,0.63)	62	72	17
比較 発光素子3	2.5	0.035	0.9	(0.31,0.64)	47	59	13

[0406]

また、発光素子5および比較発光素子3に2.5 mA/cm²の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを、図59に示す。図59に示す通り、発光素子5の発光スペクトルは523 nm付近にピークを有しており、発光層1913に含まれる有機金属錯体、[Ir(pppy)₂(dpppy)]の発光に由来していることが示唆される。また、比較発光素子3の発光スペクトルは517 nm付近にピークを有しており、発光層1913に含まれる有機金属錯体、[Ir(pppy)₃]の発光に由来していることが示唆される。

[0407]

なお、発光素子5に用いた本発明の一態様である有機金属錯体は、ジフェニルピリジン骨格にジフェニルアミン骨格が結合した配位子を有することで、キャリア（電子orホール）の注入性や輸送性が良好である。このため、発光素子5は発光効率が良好な発光素子とすることができる。

[0408]

また、発光素子5および比較発光素子3においては、発光層におけるアシスト材料としてPCBBiFを用いているが、PCBBiFは、上掲した構造式のとおり、ジフェニルアミン骨格が含まれる有機化合物である。アシスト材料であるPCBBiFに含まれる骨格と発光材料に含まれるキャリア輸送骨格が同じであると好ましいことがわかった。

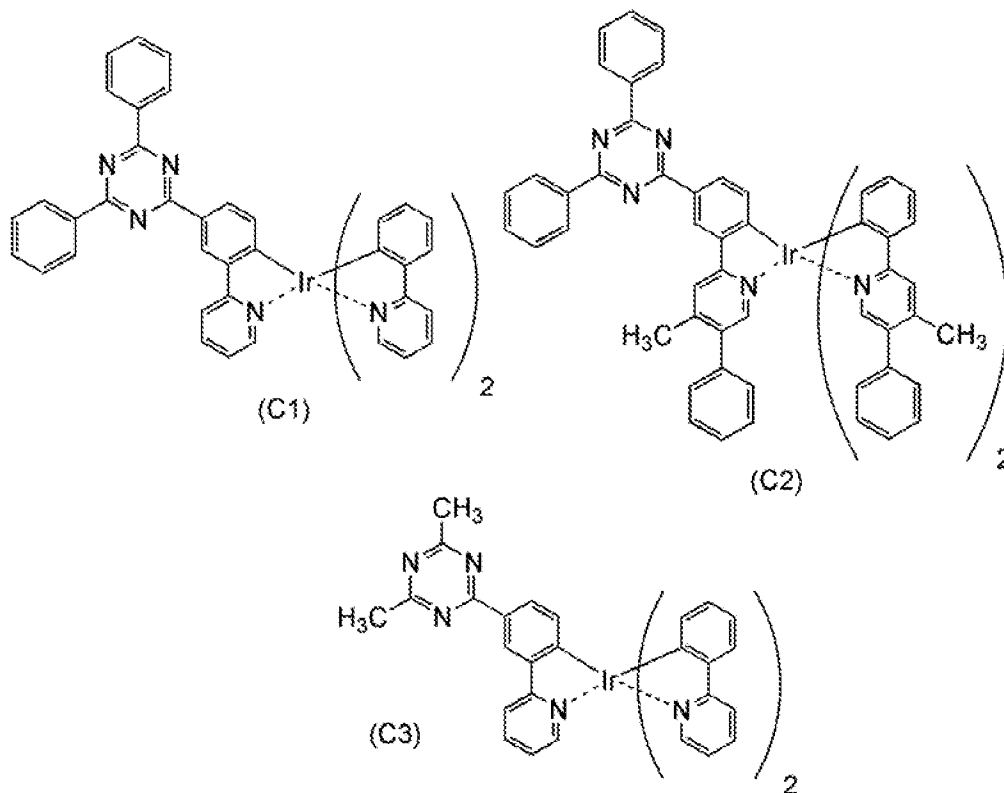
[実施例14]

[0409]【0001】

本実施例では、本発明の一態様の構成を有する、構造式(C1)～(C3)で表される有機金属錯体について、そのHOMOおよびLUMOの分布に関して計算を行った結果を示す。(C1)～(C3)で表される有機金属錯体の構造式を下に示す。

[0410]【0002】

【化 0 1】



【0 4 1 1】 【0 0 0 3】

分子軌道計算には、Gaussian 09 プログラムを使用した。基底関数に 6-311G を使用して、各分子の一重項基底状態 (S_0) を、B3PW91 \ 6-311G を用い、構造最適化を行った。

【0 4 1 2】 【0 0 0 4】

計算により求められた各構造における HOMO および LUMO の電子密度分布を示す図を図 6 0 に示す。

【0 4 1 3】 【0 0 0 5】

図 6 0 に示すとおり、構造式 (C 1) で表される有機金属錯体は、HOMO が主にフェニルピリジン配位子とイリジウムイオンに分布し、LUMO が主にジフェニルトリアジンに分布する結果が得られている。また、構造式 (C 2) で表される有機金属錯体も、HOMO が主にフェニルピリジン誘導体の配位子とイリジウムイオンに分布し、LUMO が主にジフェニルトリアジンに分布する結果が得られている。また、構造式 (C 3) で表される有機金属錯体は、HOMO が主にフェニルピリジン配位子とイリジウムイオンに分布し、LUMO も主にフェニルピリミジン誘導体の配位子に分布する結果が得られている。

【0 4 1 4】

したがって、構造式 (C 1) で表される有機金属錯体および構造式 (C 2) で表される有機金属錯体がキャリア輸送性を有する骨格であるジフェニルトリアジンに LUMO の分布があり、キャリア輸送や電子の注入に関与することを示している。一方で、構造式 (C 3) で表される有機金属錯体はキャリア輸送性を有する骨格であるトリアジンへの LUMO の分布が見られず、キャリア輸送や電子の注入への関与も少ないと考えられる。

【0 4 1 5】

本発明の一態様は、キャリア輸送性を有する第1の骨格と、発光性を有する第2の骨格とを一分子内に有し、分子量が3000以下である有機化合物を含む発光素子用材料である。上記計算結果を参照すると、(C1) および (C2) で表される有機金属錯体は、ジフェニルトリアジン骨格にLUMOが分布していることから、当該骨格がキャリア輸送や電子の注入を担うキャリア輸送性を有する第1の骨格に相当し、フェニルピリジン骨格が発光性を有する第2の骨格に相当する有機化合物であるといえる。しかし、(C3) で表される有機金属錯体は、ジメチルトリアジン骨格にLUMOの分布が見られず、フェニルピリジン骨格にLUMOが分布していることから、キャリアの輸送や電子の注入は発光性を有する骨格が発光とキャリア輸送とを同時に担っていると考えられる。

[符号の説明]

[0416]

101	陽極
102	陰極
103	EL層
111	正孔注入層
112	正孔輸送層
113	発光層
114	電子輸送層
115	電子注入層
116	電荷発生層
117	P型層
118	電子リレー層
119	電子注入バッファ層
400	基板
401	陽極
403	EL層
404	陰極
405	シール材
406	シール材
407	封止基板
412	パッド
420	ICチップ
501	陽極
502	陰極
511	第1の発光ユニット
512	第2の発光ユニット
513	電荷発生層
601	駆動回路部（ソース線駆動回路）
602	画素部
603	駆動回路部（ゲート線駆動回路）
604	封止基板

6 0 5	シール材
6 0 7	空間
6 0 8	配線
6 0 9	F P C (フレキシブルプリントサーキット)
6 1 0	素子基板
6 1 1	スイッチング用 F E T
6 1 2	電流制御用 F E T
6 1 3	陽極
6 1 4	絶縁物
6 1 6	E L 層
6 1 7	陰極
6 1 8	発光素子
7 3 0	絶縁膜
7 7 0	平坦化絶縁膜
7 7 2	導電膜
7 8 2	発光素子
7 8 3	液滴吐出装置
7 8 4	液滴
7 8 5	層
7 8 6	E L 層
7 8 8	導電膜
9 0 1	筐体
9 0 2	液晶層
9 0 3	バックライトユニット
9 0 4	筐体
9 0 5	ドライバ I C
9 0 6	端子
9 5 1	基板
9 5 2	電極
9 5 3	絶縁層
9 5 4	隔壁層
9 5 5	E L 層
9 5 6	電極
1 0 0 1	基板
1 0 0 2	下地絶縁膜
1 0 0 3	ゲート絶縁膜
1 0 0 6	ゲート電極
1 0 0 7	ゲート電極
1 0 0 8	ゲート電極
1 0 2 0	第 1 の層間絶縁膜

1 0 2 1 第2の層間絶縁膜
1 0 2 2 電極
1 0 2 4 W 陽極
1 0 2 4 R 陽極
1 0 2 4 G 陽極
1 0 2 4 B 陽極
1 0 2 5 隔壁
1 0 2 8 E L 層
1 0 2 9 陰極
1 0 3 1 封止基板
1 0 3 2 シール材
1 0 3 3 透明な基材
1 0 3 4 R 赤色の着色層
1 0 3 4 G 緑色の着色層
1 0 3 4 B 青色の着色層
1 0 3 5 ブラックマトリクス
1 0 3 7 第3の層間絶縁膜
1 0 4 0 画素部
1 0 4 1 駆動回路部
1 0 4 2 周辺部
1 4 0 0 液滴吐出装置
1 4 0 2 基板
1 4 0 3 液滴吐出手段
1 4 0 4 撮像手段
1 4 0 5 ヘッド
1 4 0 6 点線
1 4 0 7 制御手段
1 4 0 8 記憶媒体
1 4 0 9 画像処理手段
1 4 1 0 コンピュータ
1 4 1 1 マーカー
1 4 1 2 ヘッド
1 4 1 3 材料供給源
1 4 1 4 材料供給源
1 4 1 5 材料供給源
1 4 1 6 ヘッド
1 9 0 0 基板
1 9 0 1 陽極
1 9 0 3 陰極
1 9 1 1 正孔注入層

1 9 1 2	正孔輸送層
1 9 1 3	発光層
1 9 1 4	電子輸送層
1 9 1 5	電子注入層
2 0 0 1	筐体
2 0 0 2	光源
3 0 0 1	照明装置
5 0 0 0	表示領域
5 0 0 1	表示領域
5 0 0 2	表示領域
5 0 0 3	表示領域
5 0 0 4	表示領域
5 0 0 5	表示領域
7 1 0 1	筐体
7 1 0 3	表示部
7 1 0 5	スタンド
7 1 0 7	表示部
7 1 0 9	操作キー
7 1 1 0	リモコン操作機
7 2 0 1	本体
7 2 0 2	筐体
7 2 0 3	表示部
7 2 0 4	キーボード
7 2 0 5	外部接続ポート
7 2 0 6	ポインティングデバイス
7 2 1 0	第2の表示部
7 4 0 1	筐体
7 4 0 2	表示部
7 4 0 3	操作ボタン
7 4 0 4	外部接続ポート
7 4 0 5	スピーカ
7 4 0 6	マイク
9 0 3 3	留め具
9 0 3 4	スイッチ
9 0 3 5	電源スイッチ
9 0 3 6	スイッチ
9 0 3 8	操作スイッチ
9 3 1 0	携帯情報端末
9 3 1 1	表示パネル
9 3 1 2	表示領域

9 3 1 3	ヒンジ
9 3 1 5	筐体
9 6 3 0	筐体
9 6 3 1	表示部
9 6 3 1 a	表示部
9 6 3 1 b	表示部
9 6 3 2 a	タッチパネル領域
9 6 3 2 b	タッチパネル領域
9 6 3 3	太陽電池
9 6 3 4	充放電制御回路
9 6 3 5	バッテリー
9 6 3 6	D C D C コンバータ
9 6 3 7	操作キー
9 6 3 8	コンバータ
9 6 3 9	ボタン

請求の範囲

〔請求項 1〕

キャリア輸送性を有する第 1 の骨格と、
発光性を有する第 2 の骨格とを一分子内に有し、分子量が 3 0 0 0 以下である有機化合物を含む発光素子用材料。

〔請求項 2〕

前記第 1 の骨格が正孔輸送性を有する骨格である請求項 1 に記載の発光素子用材料。

〔請求項 3〕

前記第 1 の骨格が前記有機化合物における HOMO を有する骨格である請求項 2 に記載の発光素子用材料。

〔請求項 4〕

前記第 1 の骨格が電子輸送性を有する骨格である請求項 1 に記載の発光素子用材料。

〔請求項 5〕

前記第 1 の骨格が前記有機化合物における LUMO を有する骨格である請求項 4 に記載の発光素子用材料。

〔請求項 6〕

請求項 1 において、前記第 1 の骨格が、前記第 2 の骨格に直接結合している発光素子用材料。

〔請求項 7〕

請求項 1 において、前記第 1 の骨格と前記第 2 の骨格が、メタフェニレン基もしくはビフェニルー 3, 3' - ジイル基で連結されている発光素子用材料。

〔請求項 8〕

正孔輸送性を有する第 1 の骨格と、
電子輸送性を有する第 2 の骨格と、
発光性を有する第 3 の骨格とを一分子内に有し、分子量が 3 0 0 0 以下である有機化合物を含む発光素子用材料。

〔請求項 9〕

前記第 1 の骨格が HOMO を有する請求項 8 に記載の発光素子用材料。

〔請求項 10〕

前記第 2 の骨格が LUMO を有する請求項 8 に記載の発光素子用材料。

〔請求項 11〕

請求項 8 において、前記第 1 の骨格および／または前記第 2 の骨格が、前記第 3 の骨格に直接結合している発光素子用材料。

〔請求項 12〕

請求項 8 において、前記第 1 の骨格および／または前記第 2 の骨格が、前記第 3 の骨格とメタフェニレン基もしくはビフェニルー 3, 3' - ジイル基で連結されている発光素子用材料。

〔請求項 13〕

請求項 1 において、
前記有機化合物が蛍光を発する発光素子用材料。

〔請求項 14〕

請求項 1 において、

前記有機化合物が遅延蛍光を発する発光素子用材料。

〔請求項 1 5〕

請求項 1 において、

前記有機化合物がりん光を発する発光素子用材料。

〔請求項 1 6〕

請求項 1 5 において、前記有機化合物がさらに中心金属を有する有機金属錯体である発光素子用材料。

〔請求項 1 7〕

請求項 1 6 において、前記中心金属がイリジウムである発光素子用材料。

〔請求項 1 8〕

請求項 1 7 において、

前記有機金属錯体における前記キャリア輸送性を有する第 1 の骨格がジフェニルトリアジン骨格である発光素子用材料。

〔請求項 1 9〕

請求項 1 6 において、前記有機金属錯体は少なくとも 2 つの異なる配位子を有し、一方の配位子は発光性の骨格を有し、他方の配位子は正孔輸送性の骨格を有する発光素子用材料。

〔請求項 2 0〕

請求項 1 6 において、前記有機金属錯体は少なくとも 2 つの異なる配位子を有し、一方の配位子は発光性の骨格を有し、他方の配位子は電子輸送性の骨格を有する発光素子用材料。

〔請求項 2 1〕

請求項 1 6 において、前記有機金属錯体は少なくとも 2 つの異なる配位子を有し、一方の配位子は正孔輸送性の骨格を有し、他方の配位子は電子輸送性の骨格を有し、前記 2 つの異なる配位子の少なくともいずれか一方は発光性の骨格をさらに有する発光素子用材料。

〔請求項 2 2〕

請求項 1 6 において、

前記有機化合物または前記有機金属錯体の分子量が 1 3 0 0 以下である発光素子用材料。

〔請求項 2 3〕

請求項 1 における発光素子用材料が、蒸着法により成膜され、用いられた発光素子。

〔請求項 2 4〕

請求項 1 における発光素子用材料が、湿式法により成膜され、用いられた発光素子。

〔請求項 2 5〕

第 1 の有機化合物と、請求項 1 における発光素子用材料と、を含む発光層を有する発光素子であって、前記発光素子用材料に含まれる有機化合物がイリジウム錯体であり、

前記イリジウム錯体の前記キャリア輸送性を有する第 1 の骨格と同じ構造が、前記第 1 の有機化合物の有する骨格の少なくとも一部に含まれる発光素子。

〔請求項 2 6〕

請求項 2 5 において、

前記発光層が第 2 の有機化合物をさらに含む発光素子。

〔請求項 2 7〕

請求項 2 5 において、

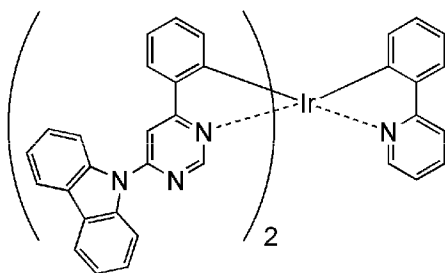
前記第 1 の骨格がアミン骨格である発光素子。

[請求項 28]

請求項 25 において、
前記第 1 の骨格がジフェニルアミン骨格である発光素子。

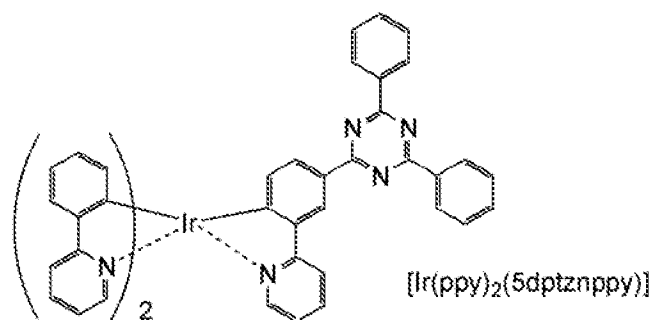
[請求項 29]

下記構造式で表される有機金属錯体。



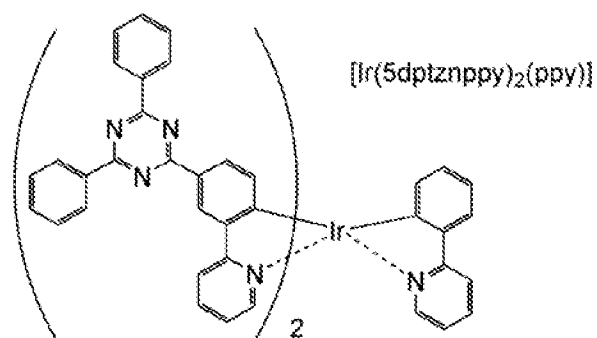
[請求項 30]

下記構造式で表される有機金属錯体。



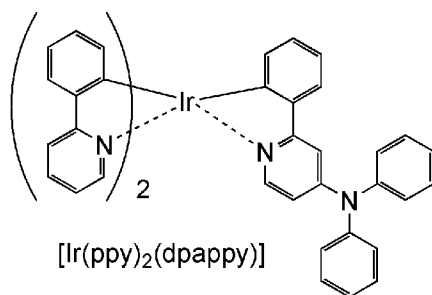
[請求項 31]

下記構造式で表される有機金属錯体。



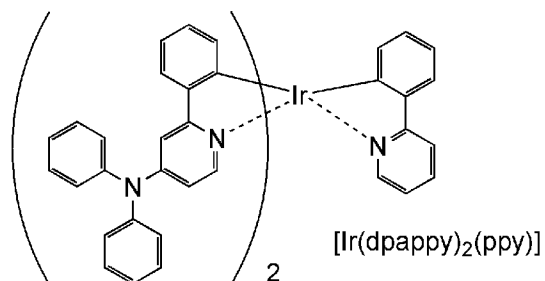
[請求項 32]

下記構造式で表される有機金属錯体。



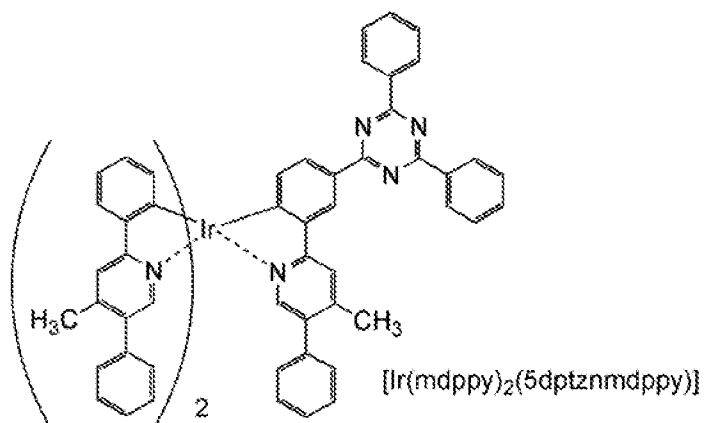
[請求項 3 3]

下記構造式で表される有機金属錯体。



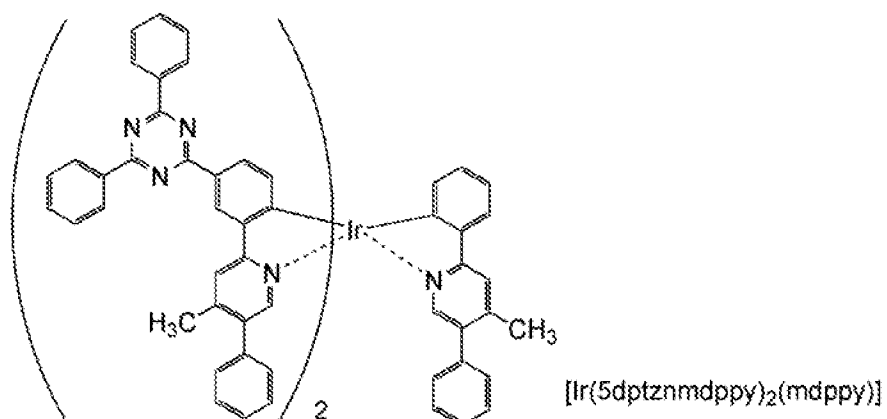
[請求項 3 4]

下記構造式で表される有機金属錯体。

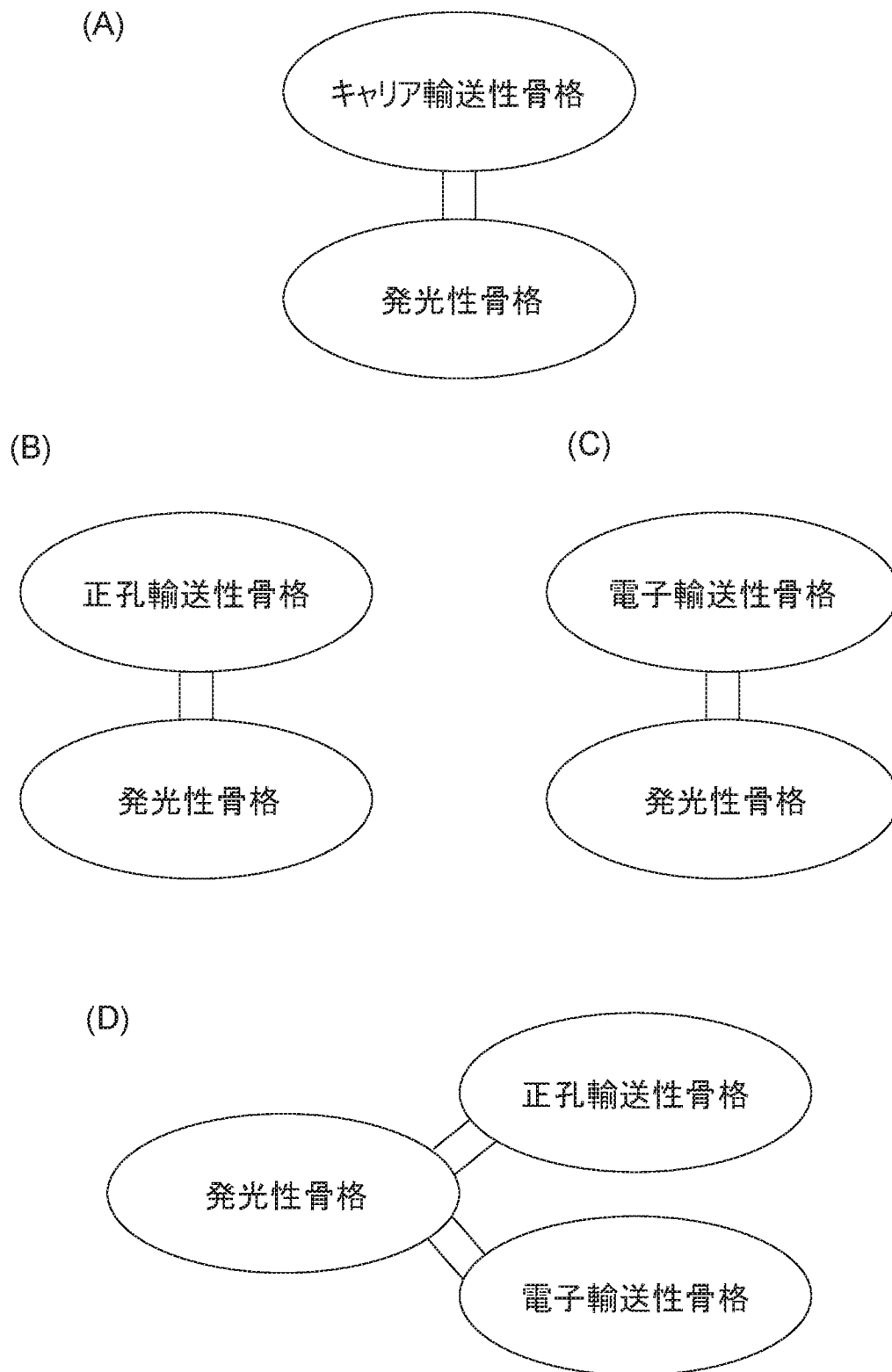


[請求項 3 5]

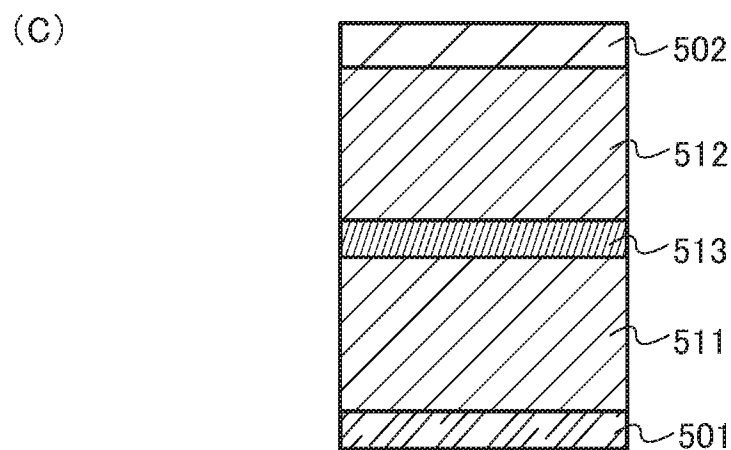
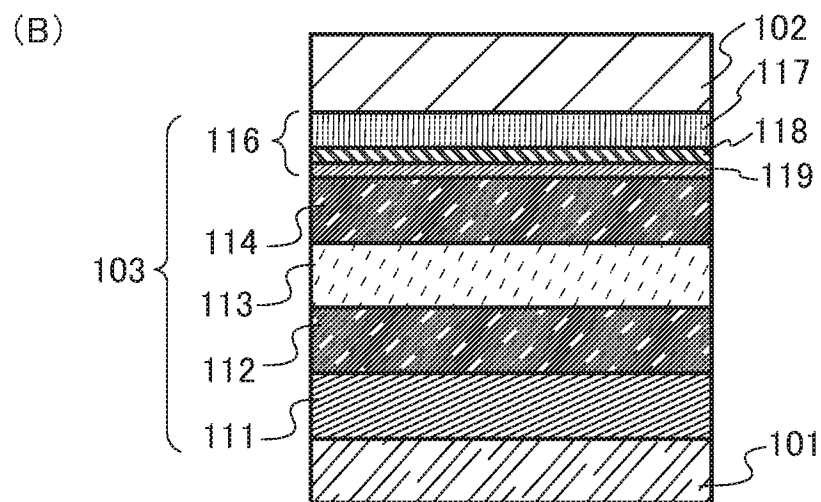
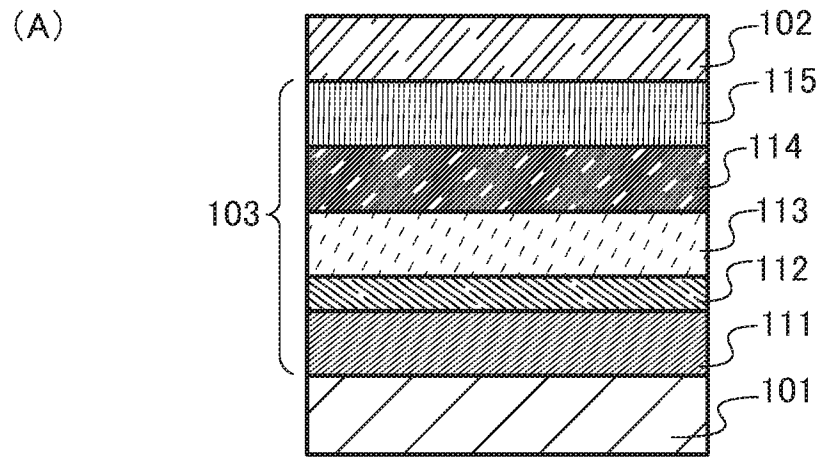
下記構造式で表される有機金属錯体。



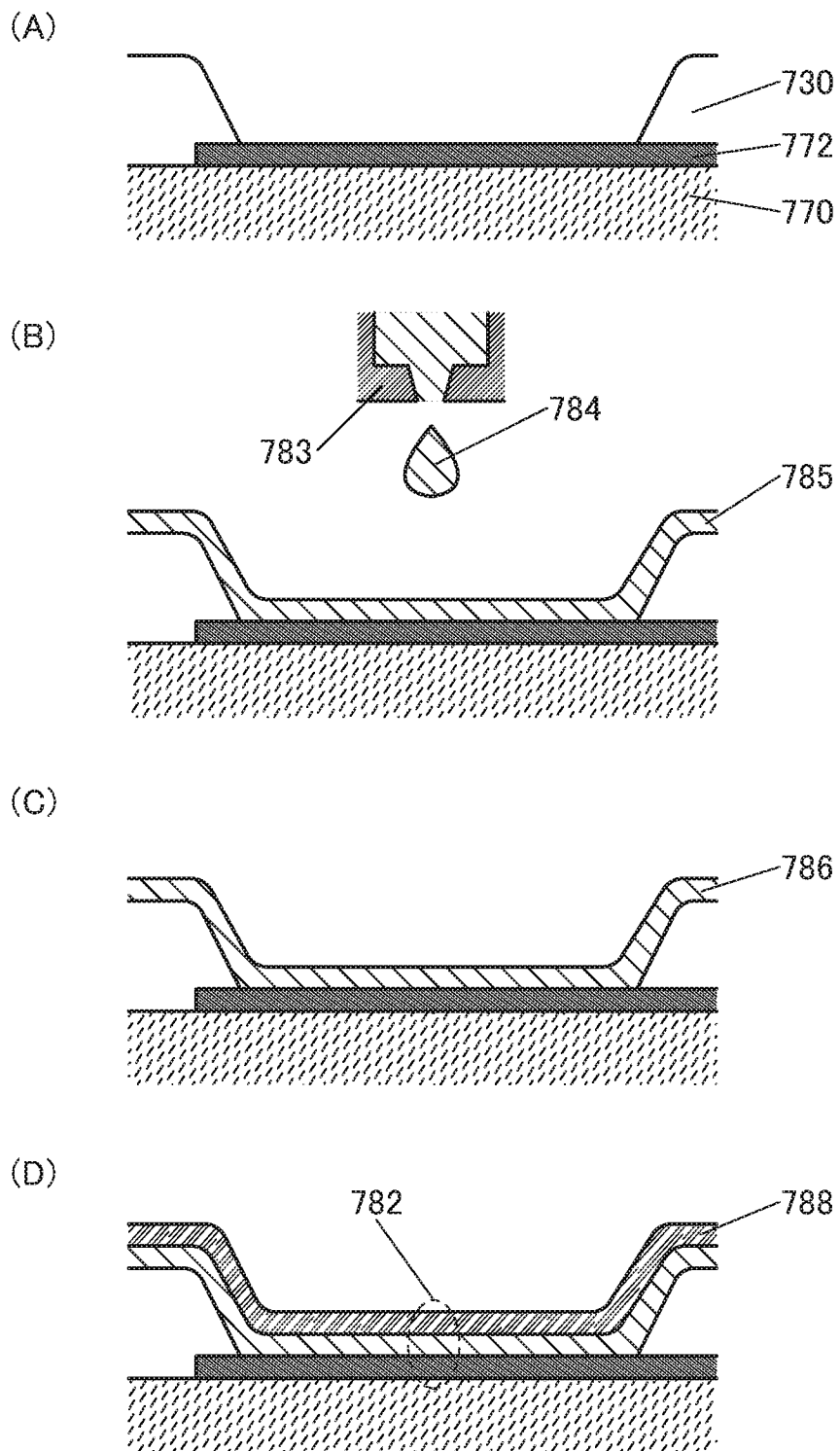
[図 1]



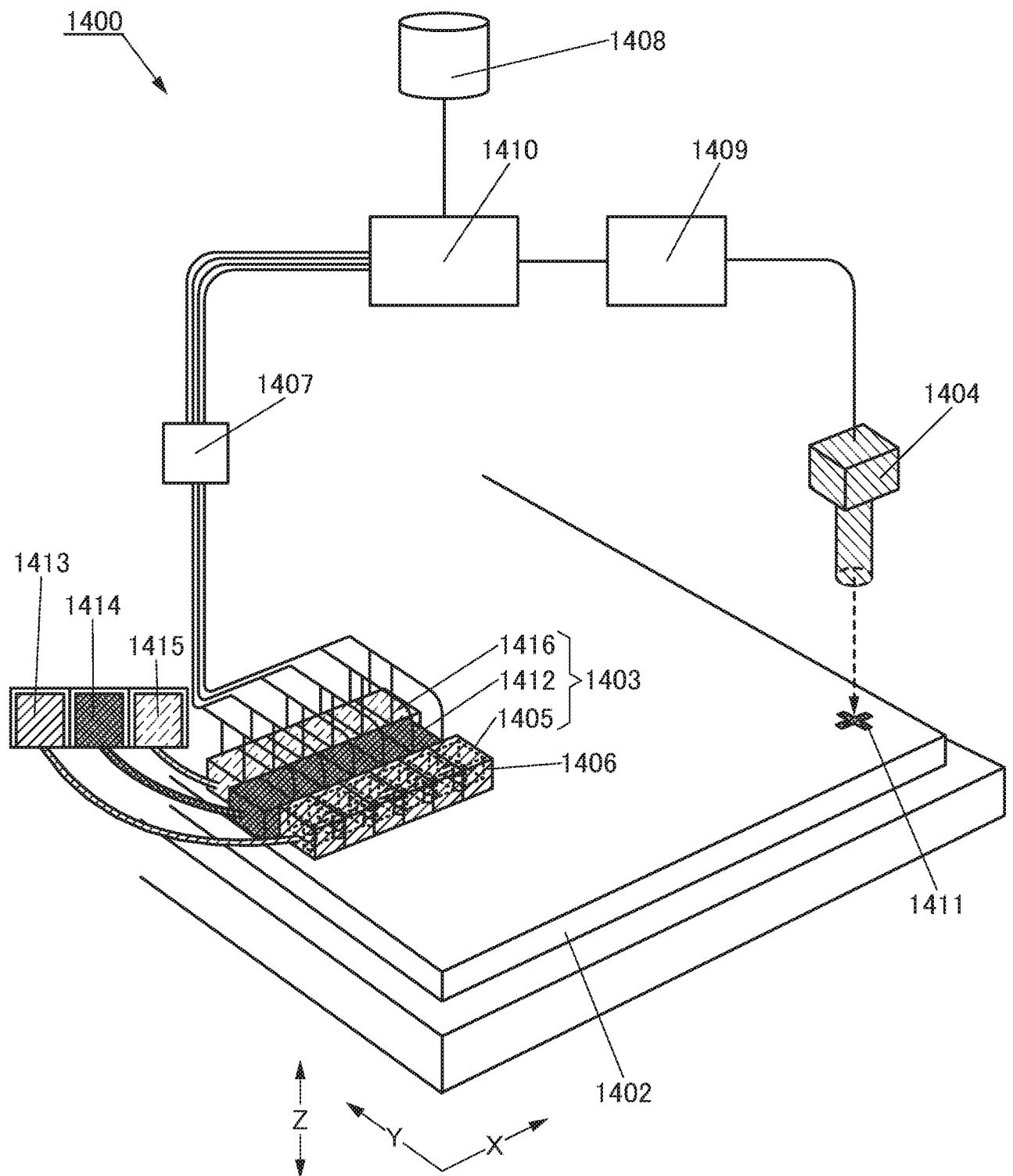
[図 2]

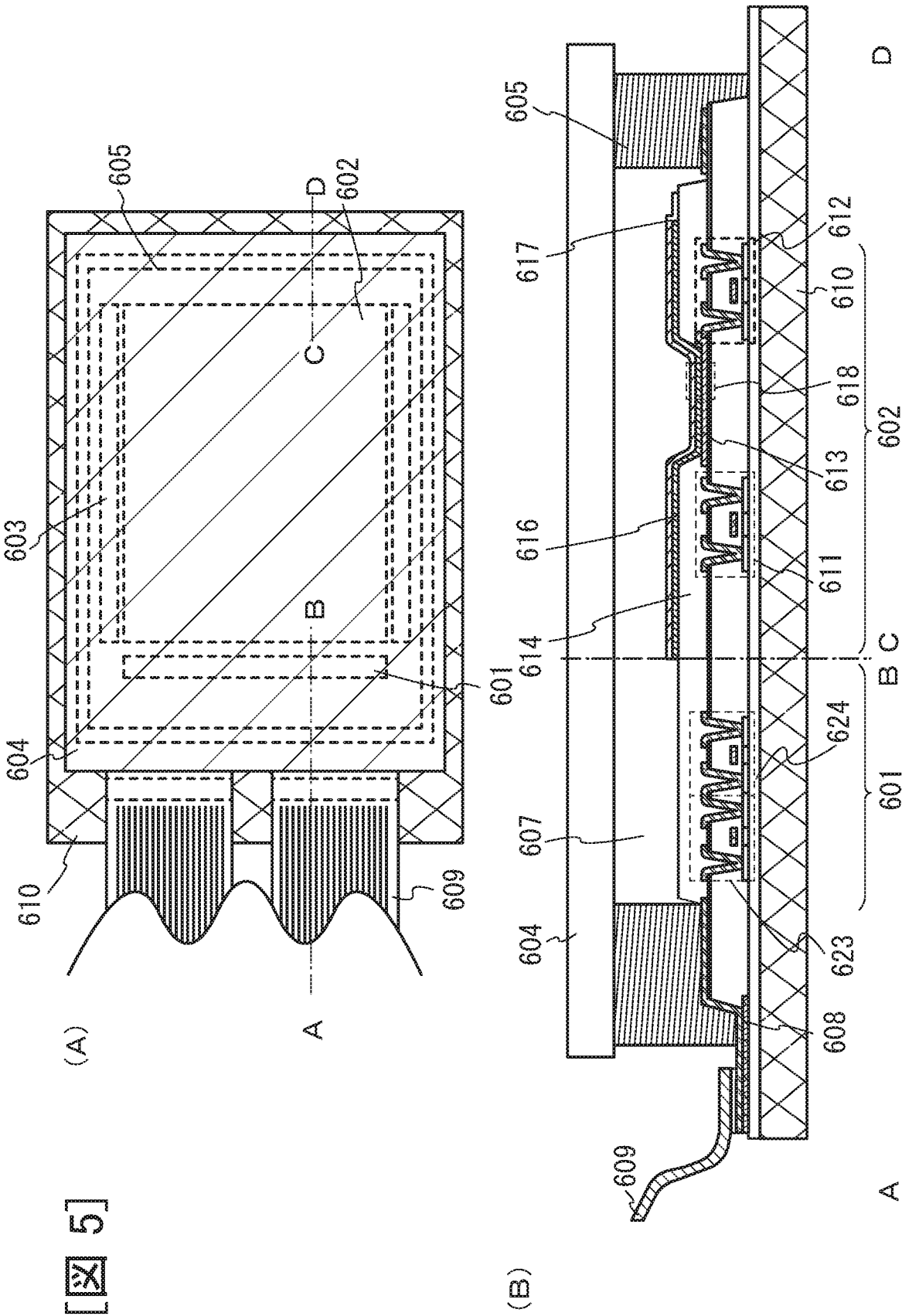


[図 3]

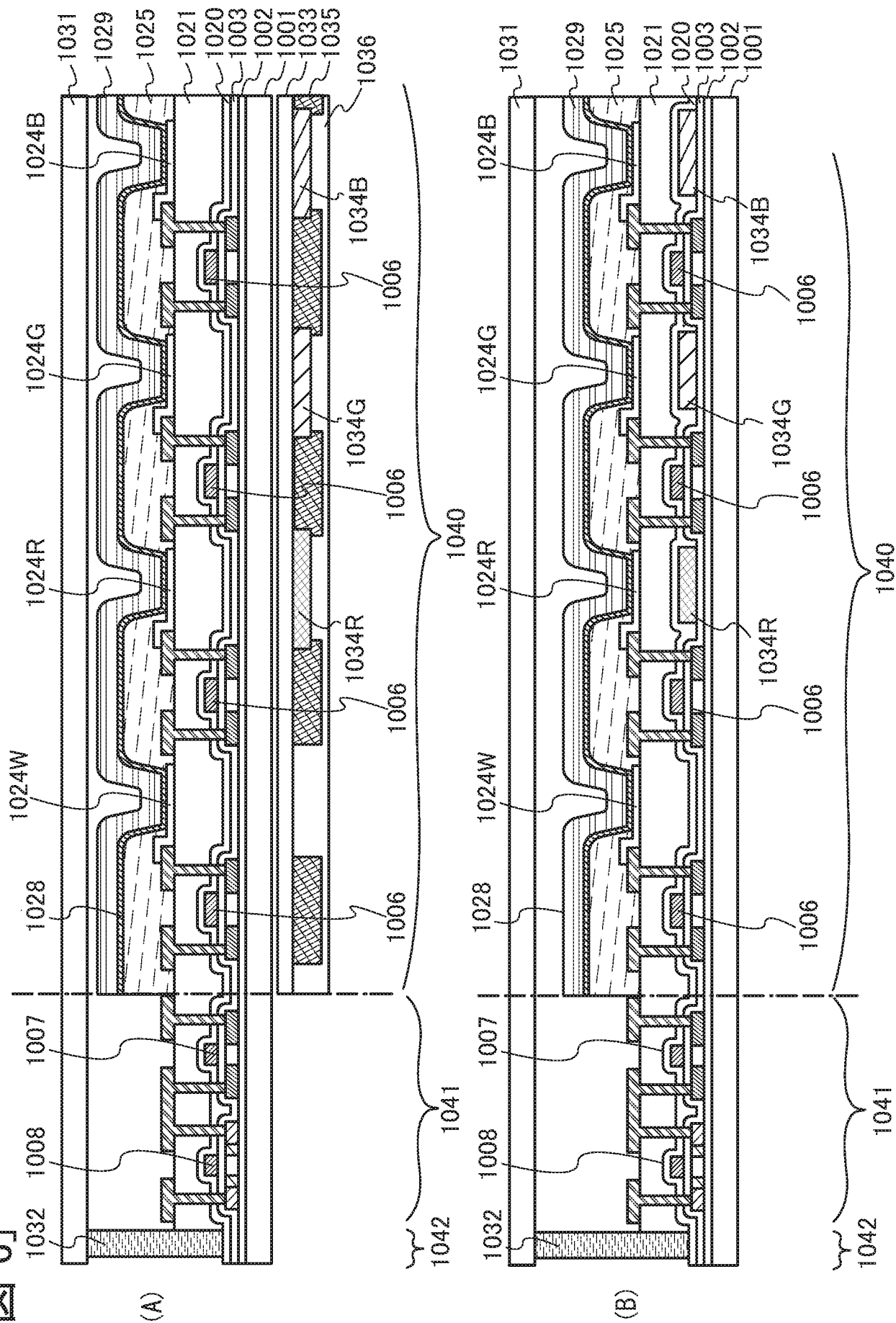


[図 4]

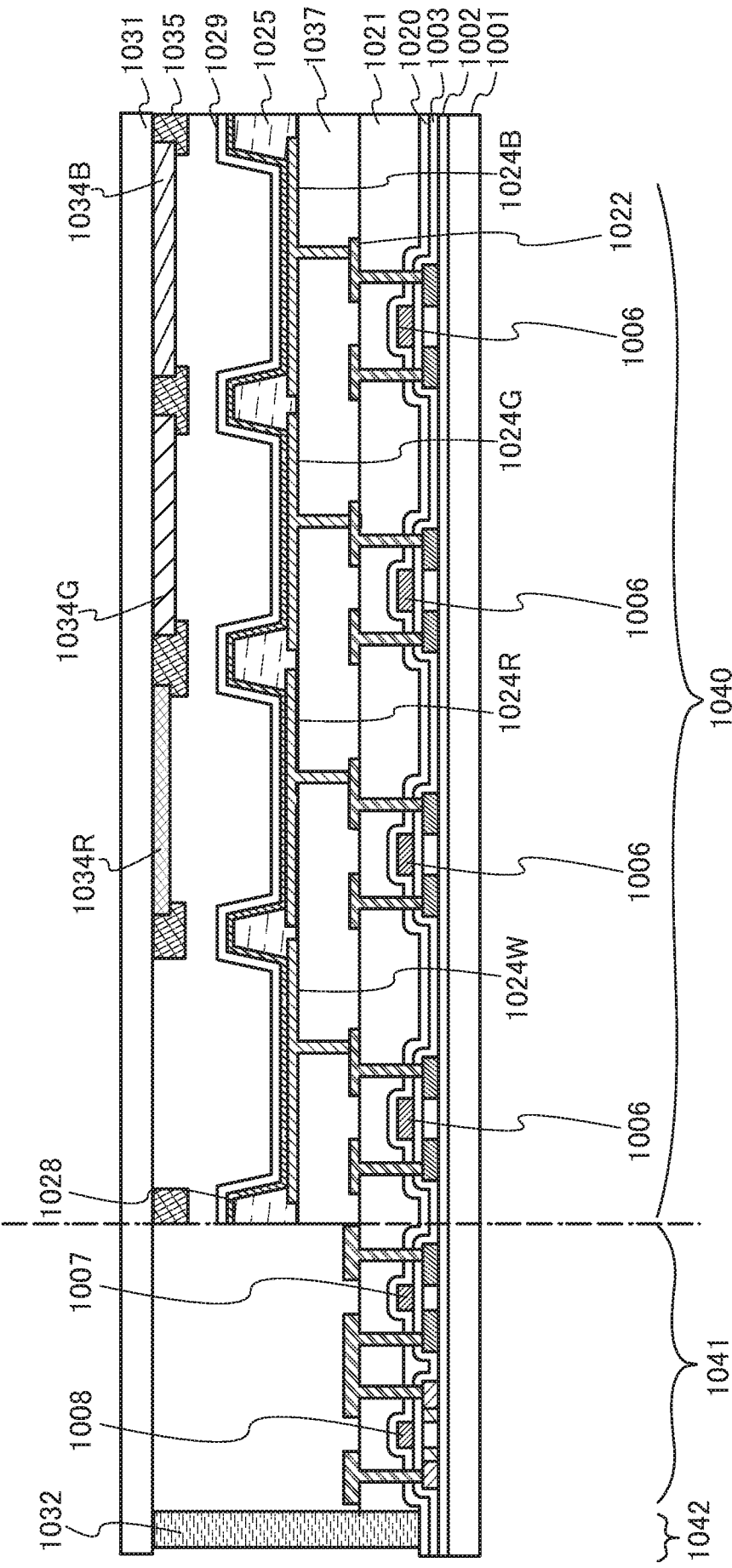




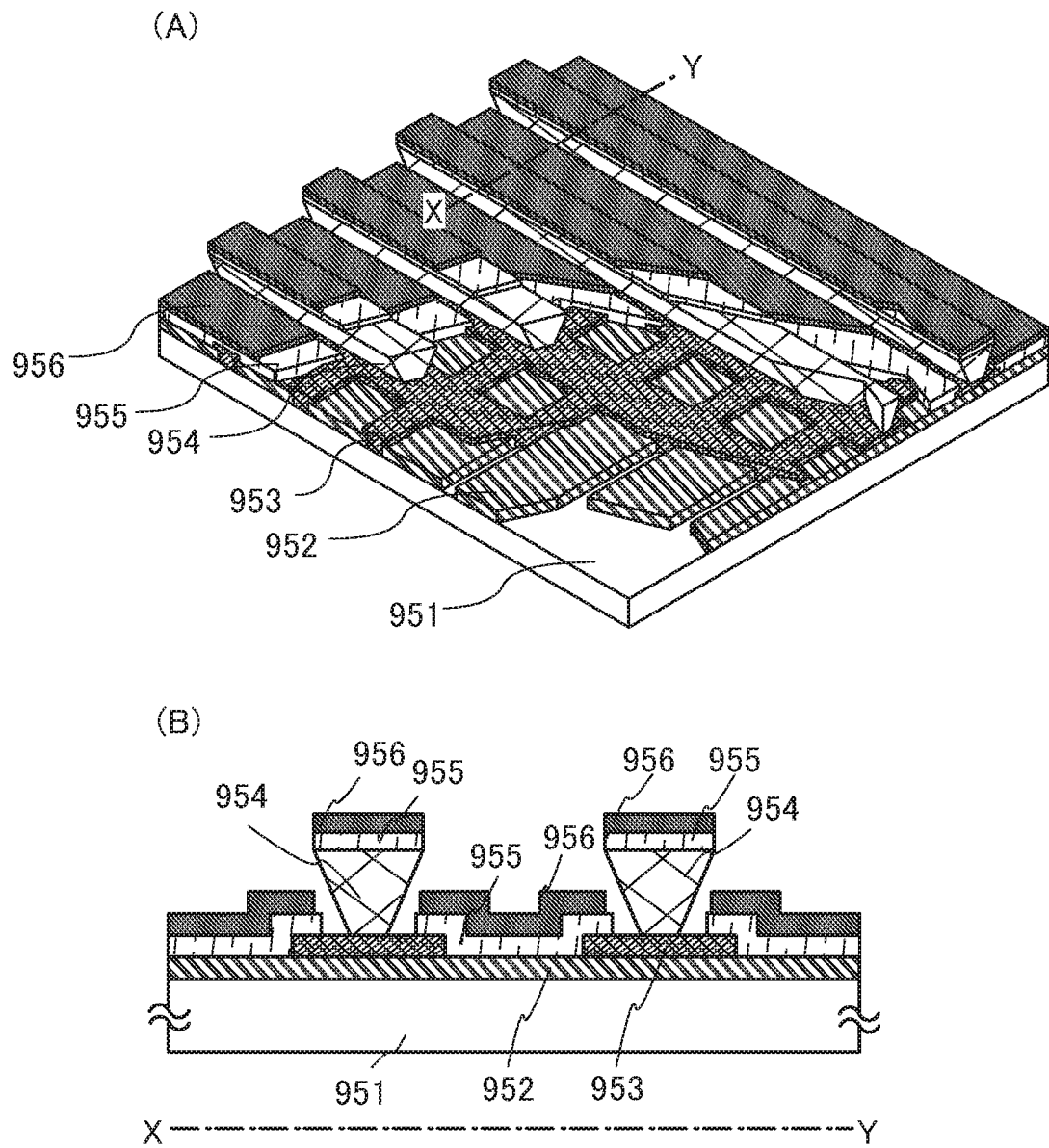
[図 6]



[図 7]

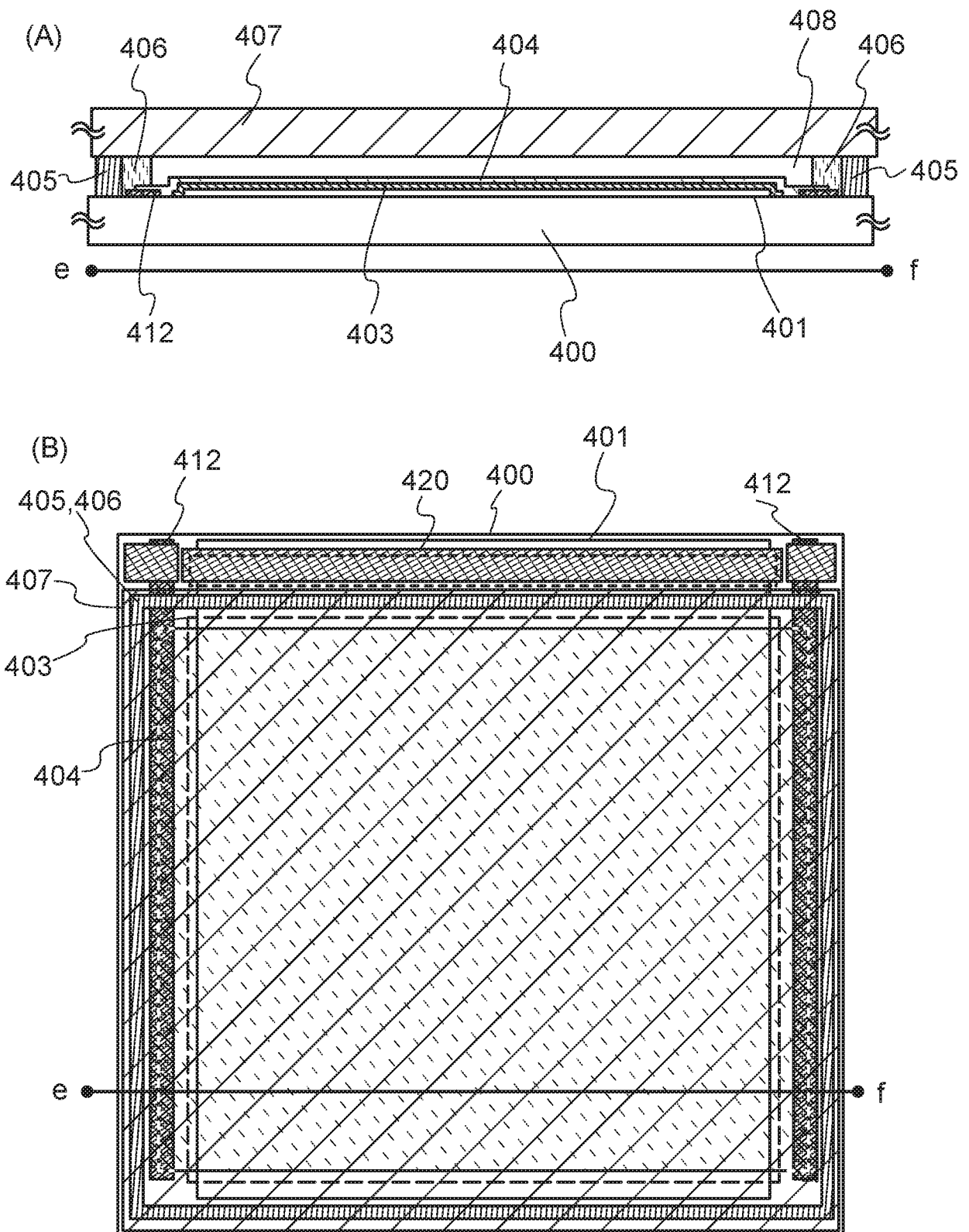


[図 8]



9/49

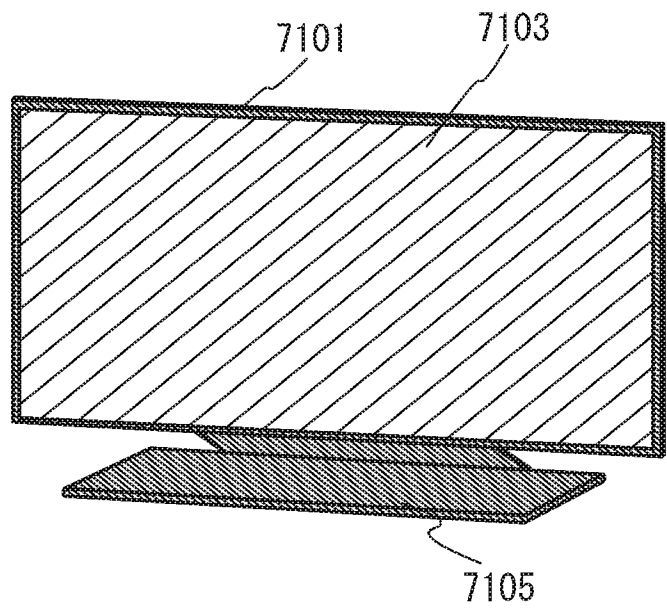
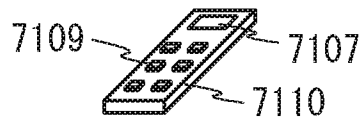
[図 9]



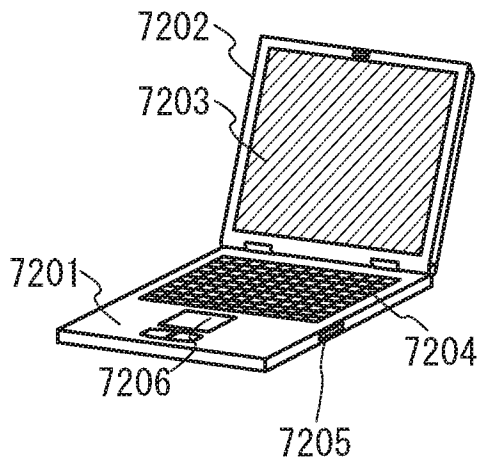
10/49

[図10]

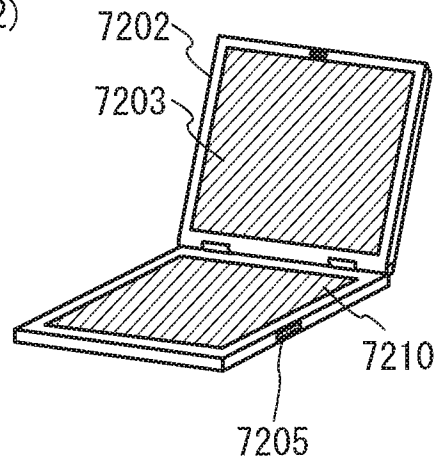
(A)



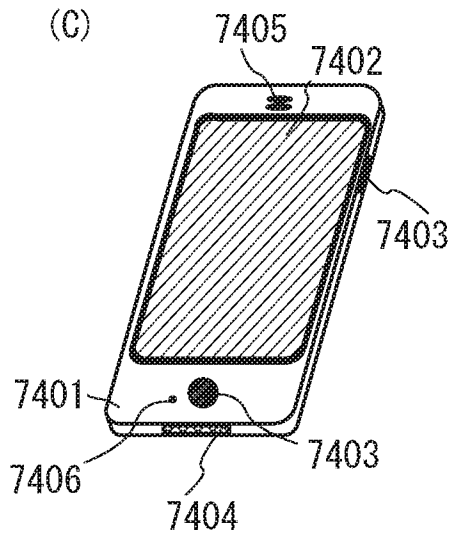
(B1)



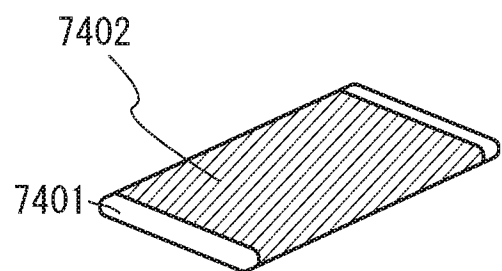
(B2)



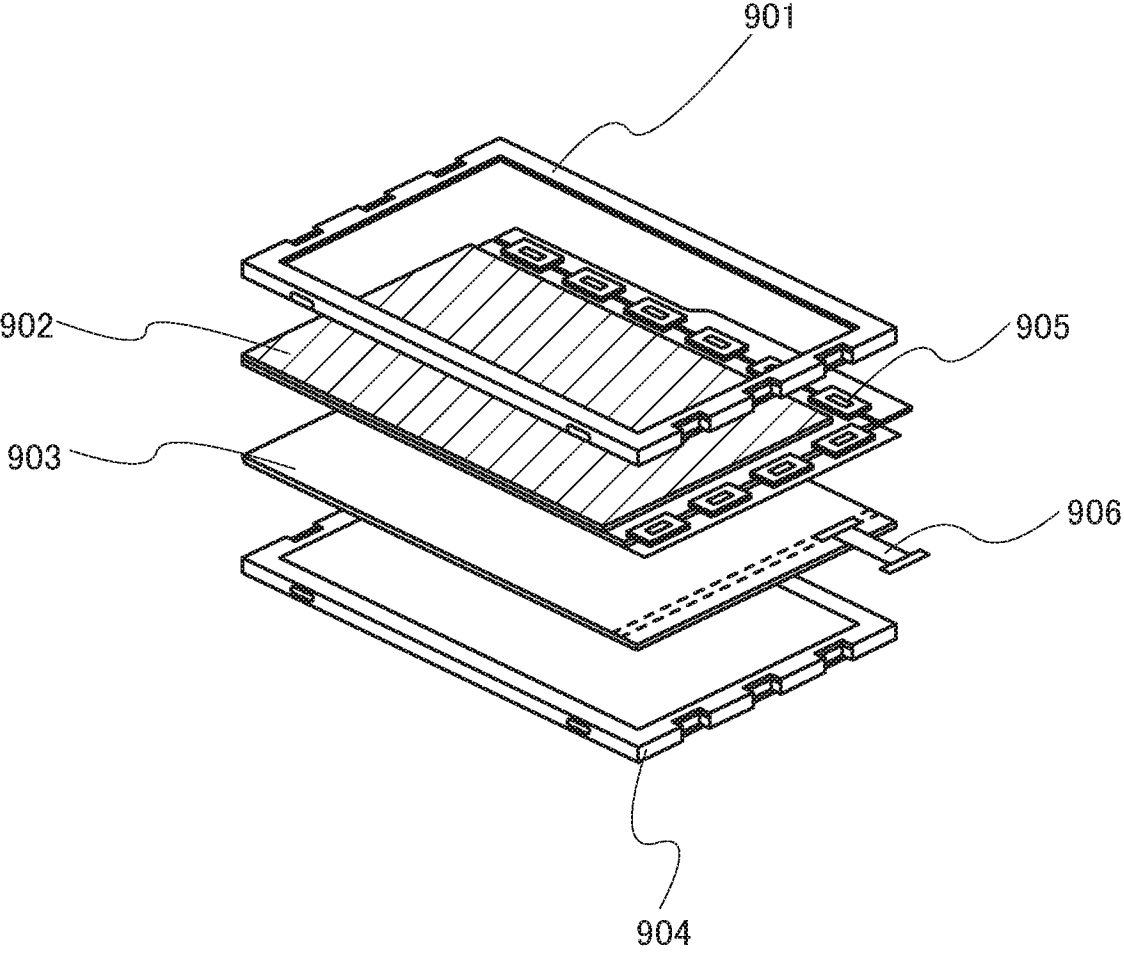
(C)



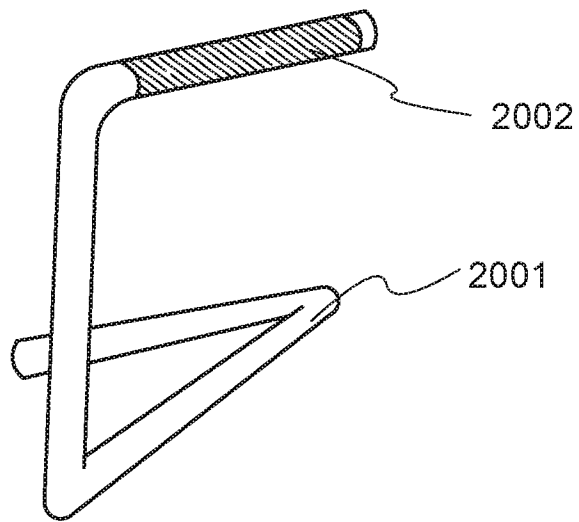
(D)



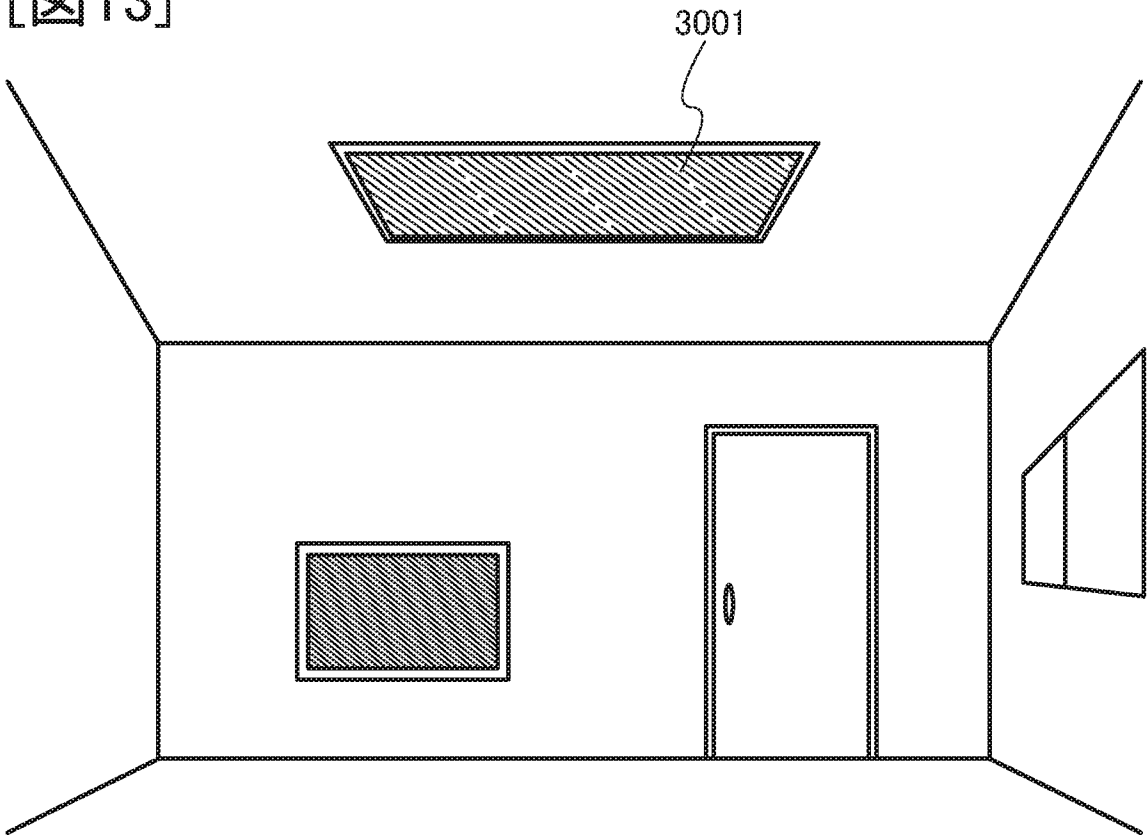
[图 11]



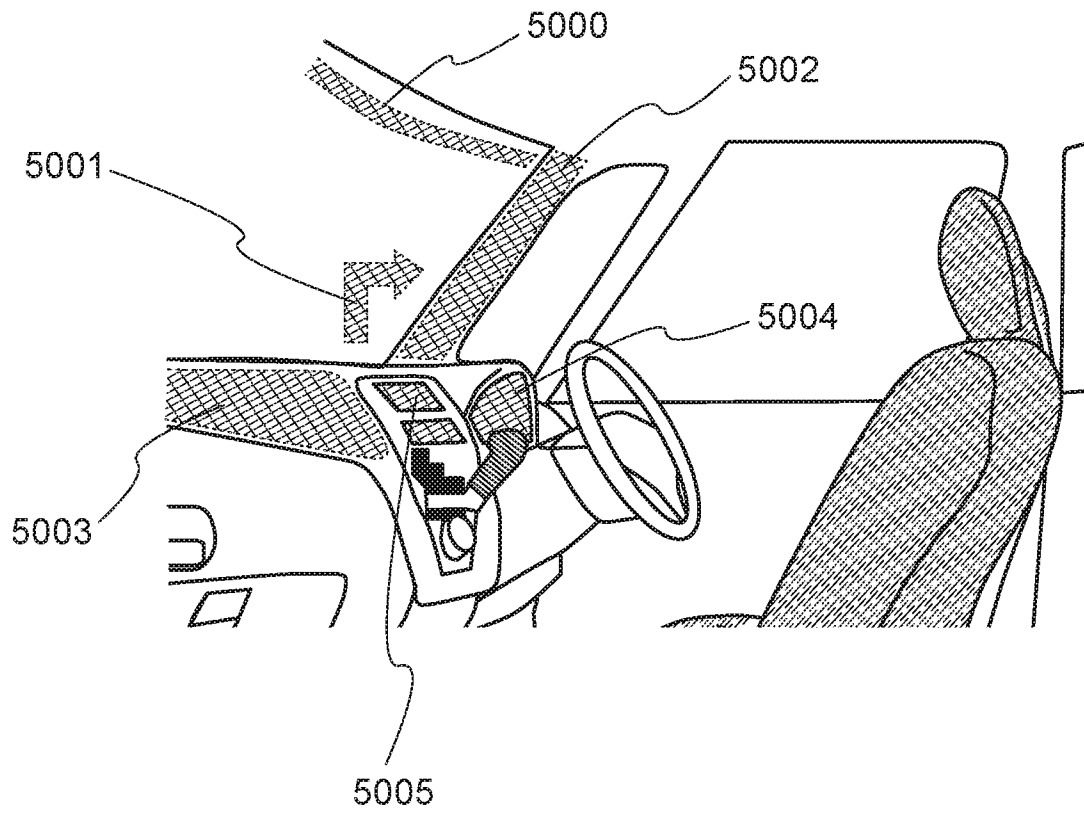
[図12]



[図 13]

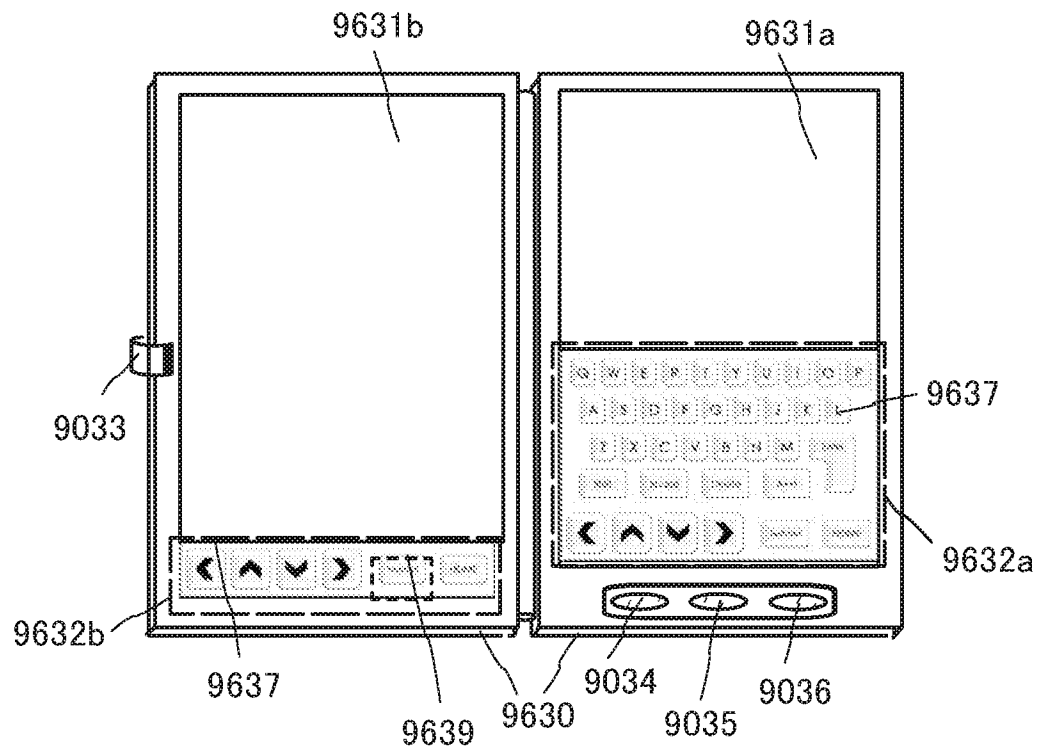


[図14]

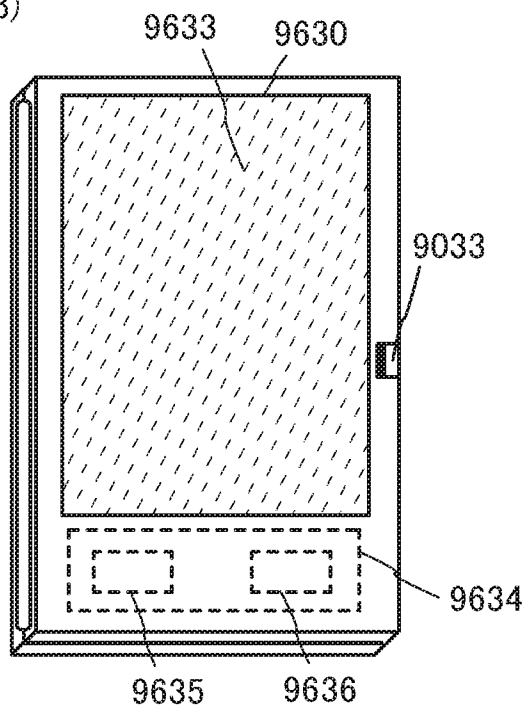


[図 15]

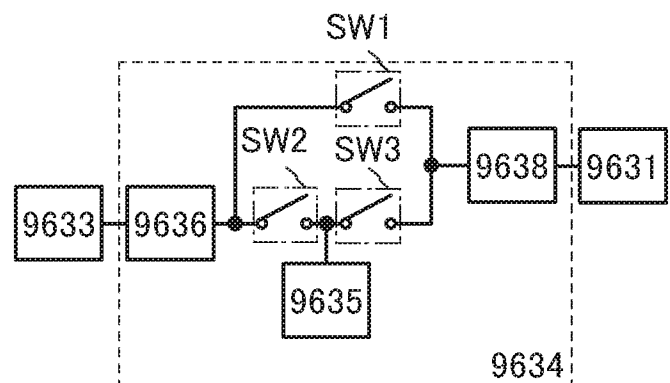
(A)



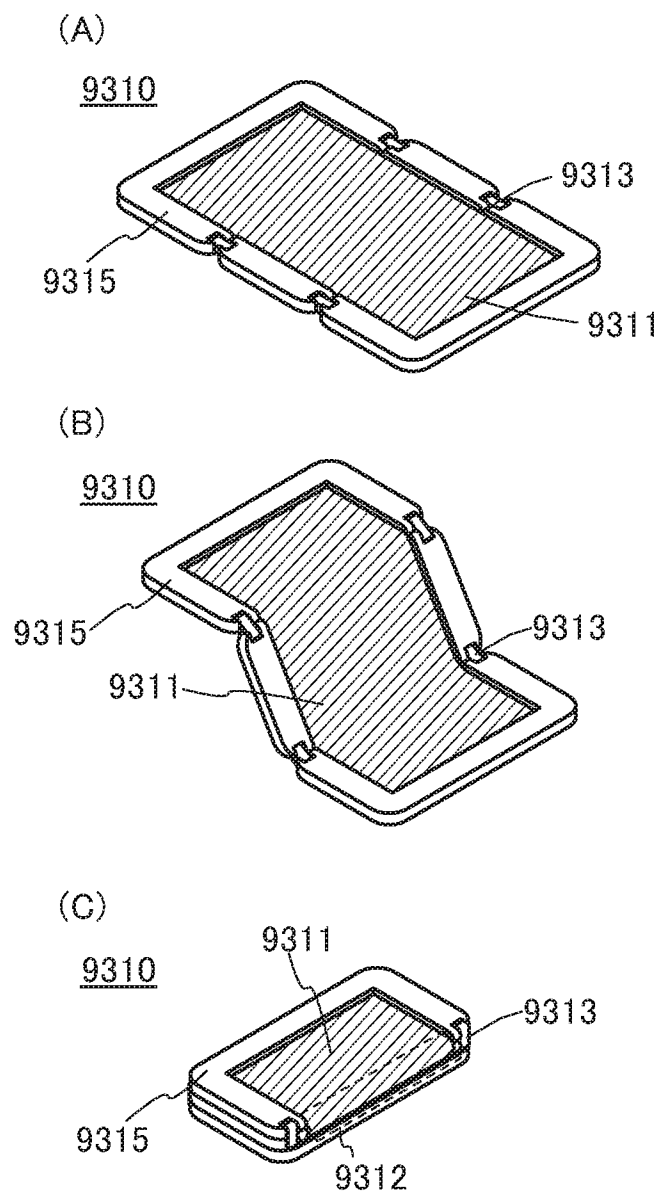
(B)



(C)

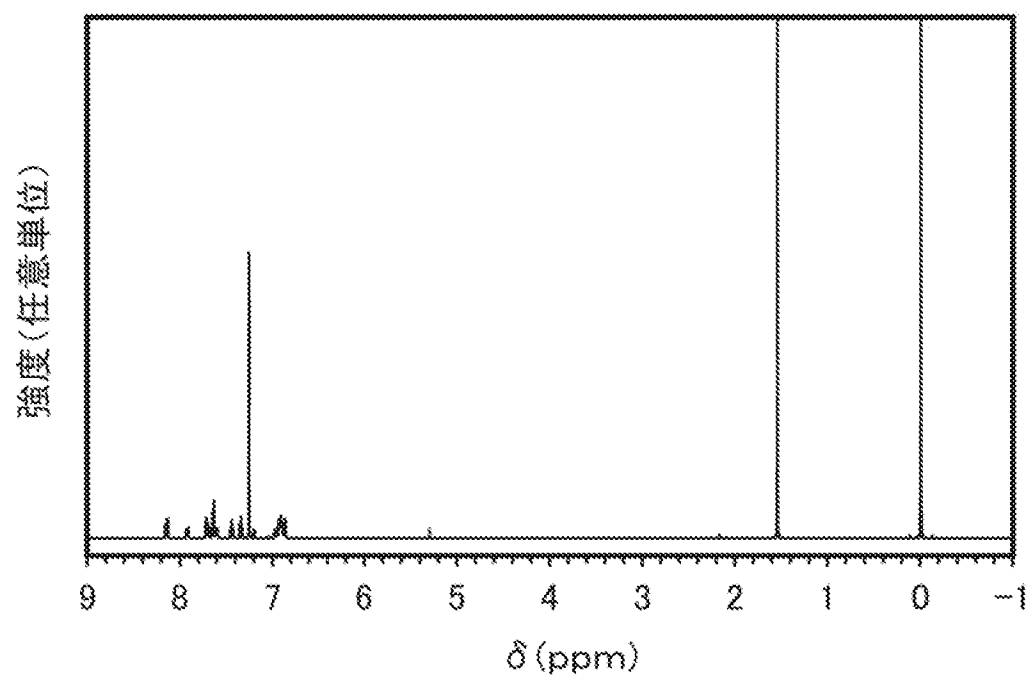


[図16]



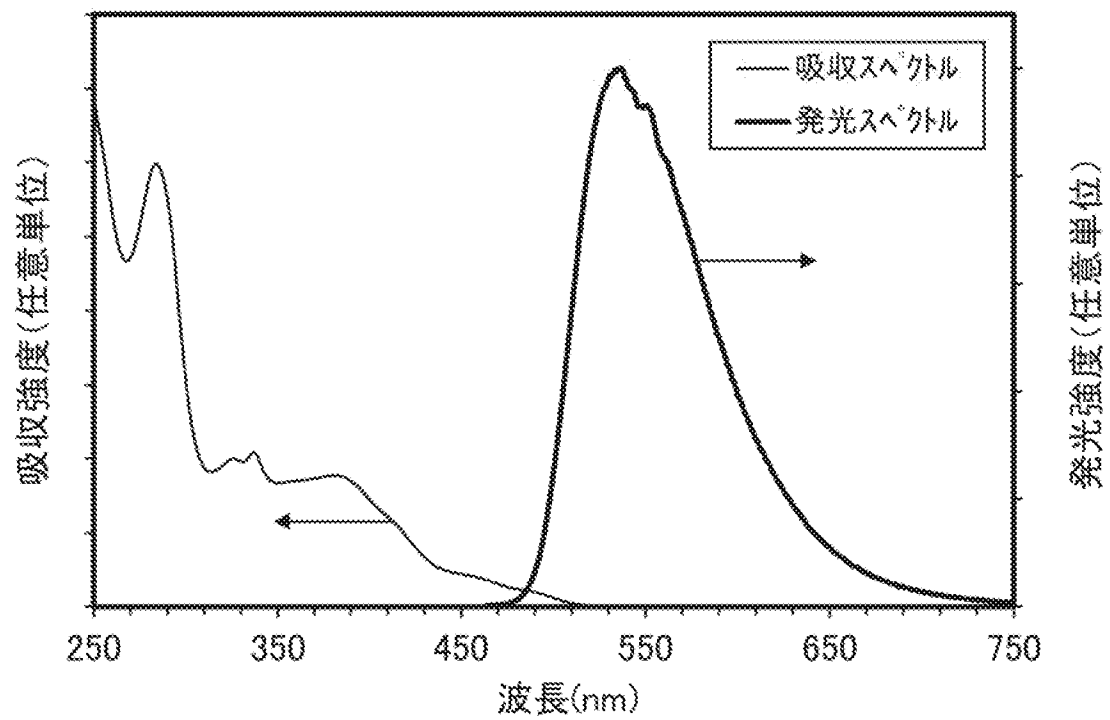
17/49

[図17]



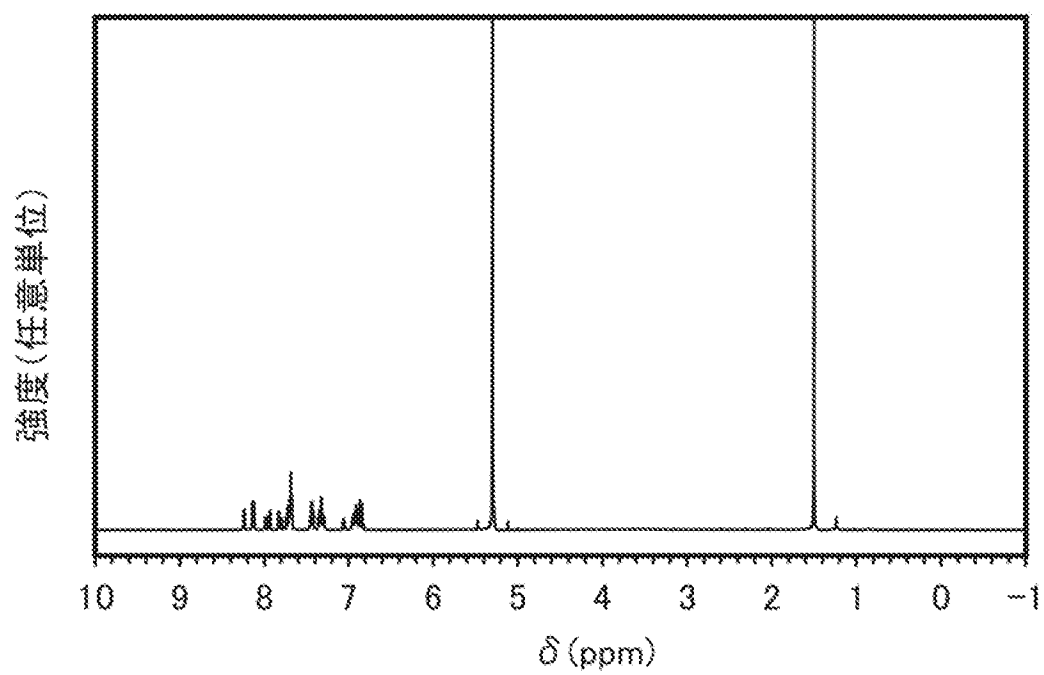
18/49

[図18]



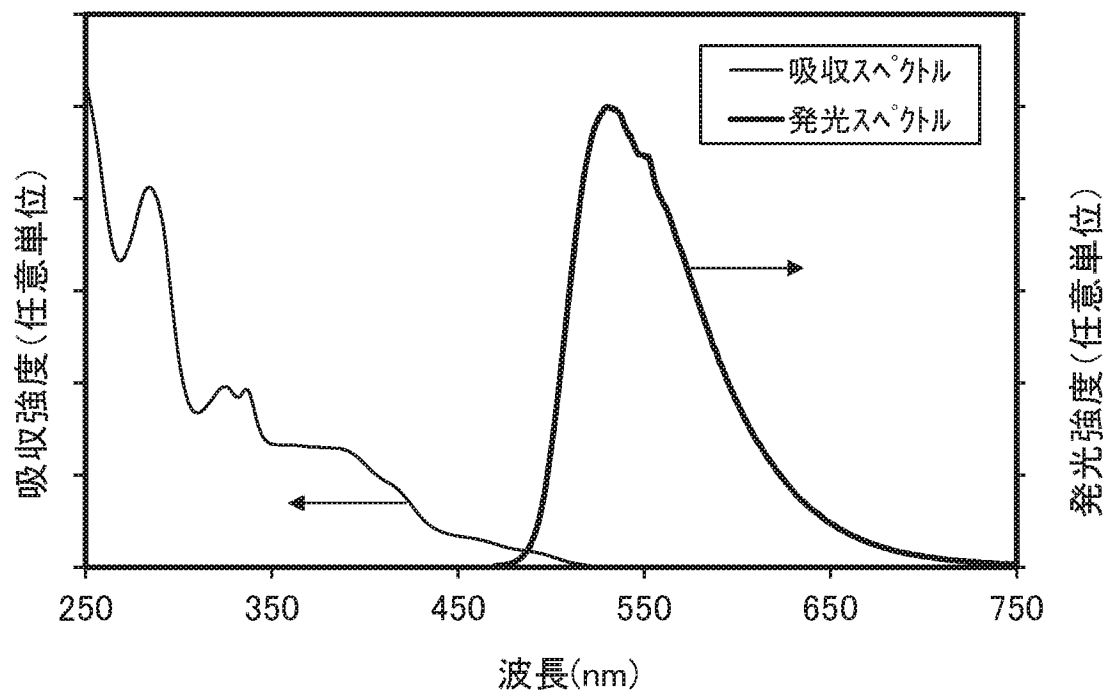
19/49

[図19]

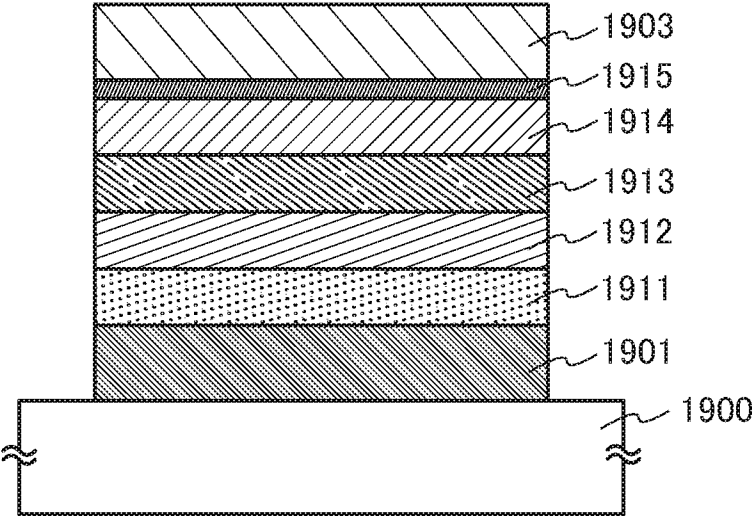


20/49

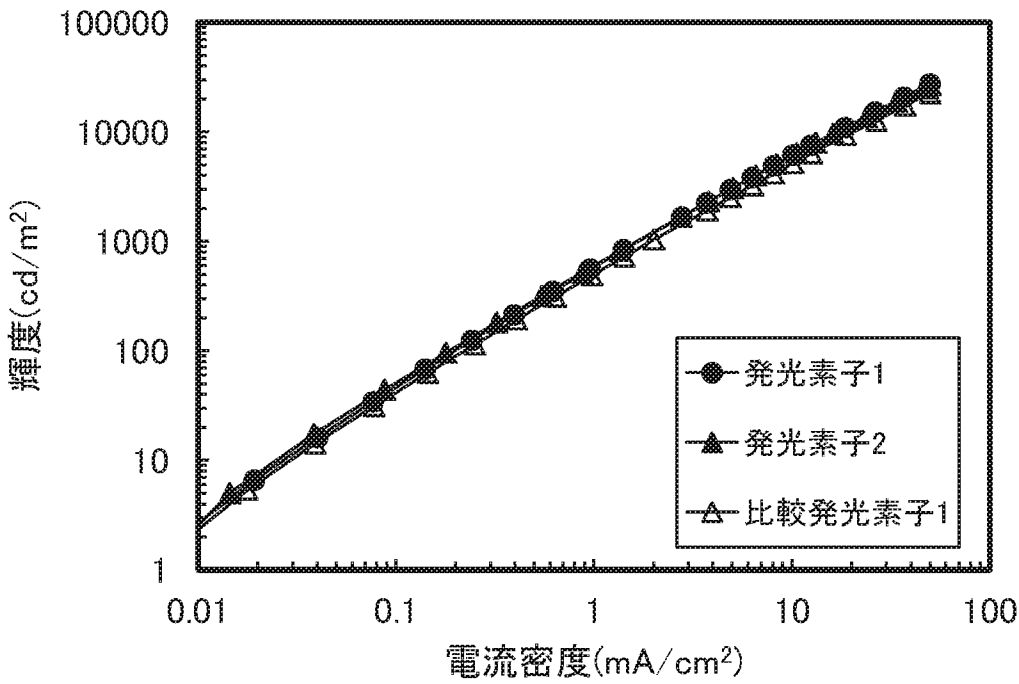
[図20]



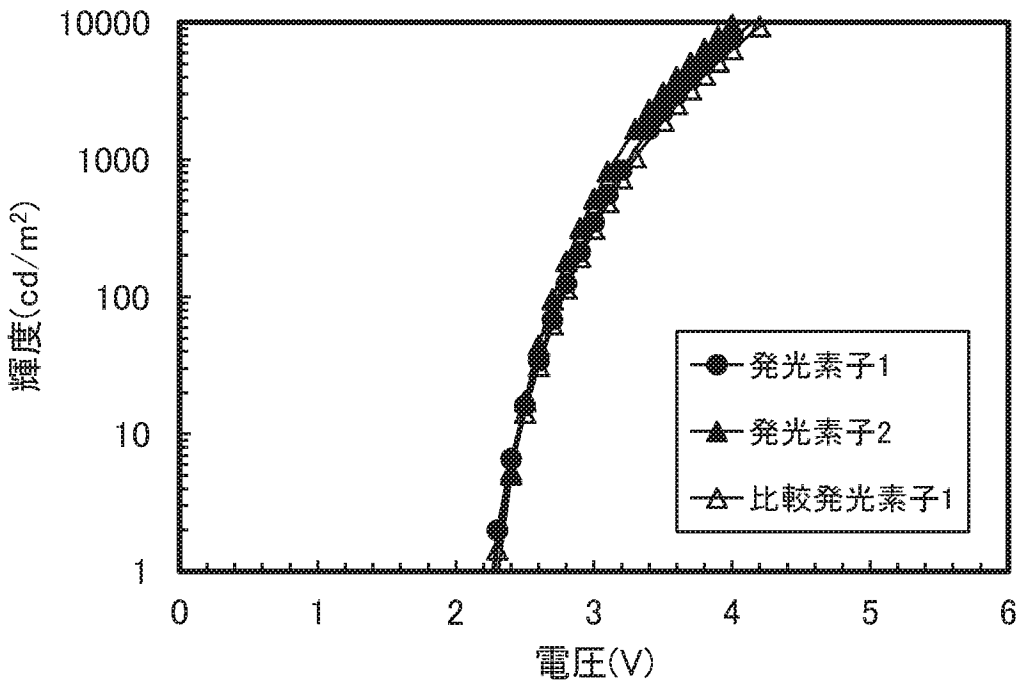
[図21]



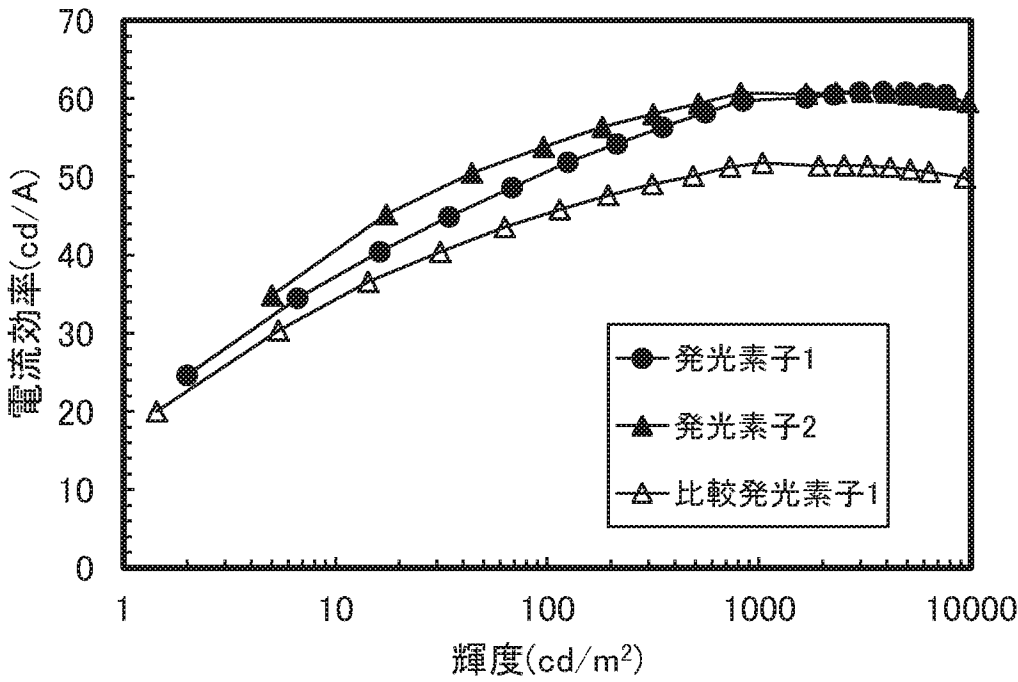
[図22]



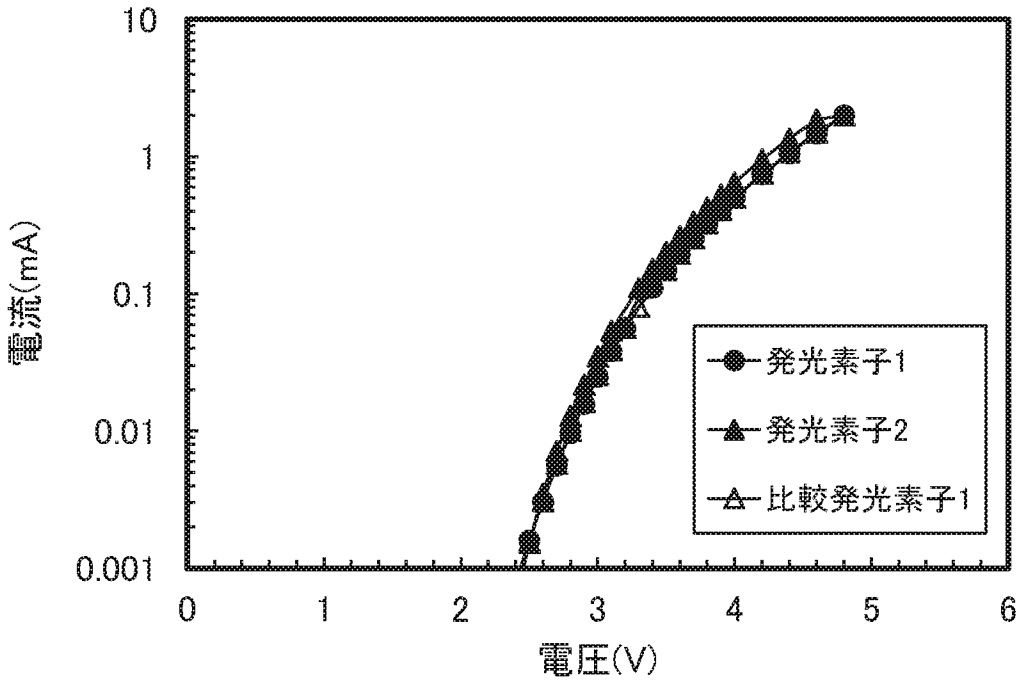
[図23]



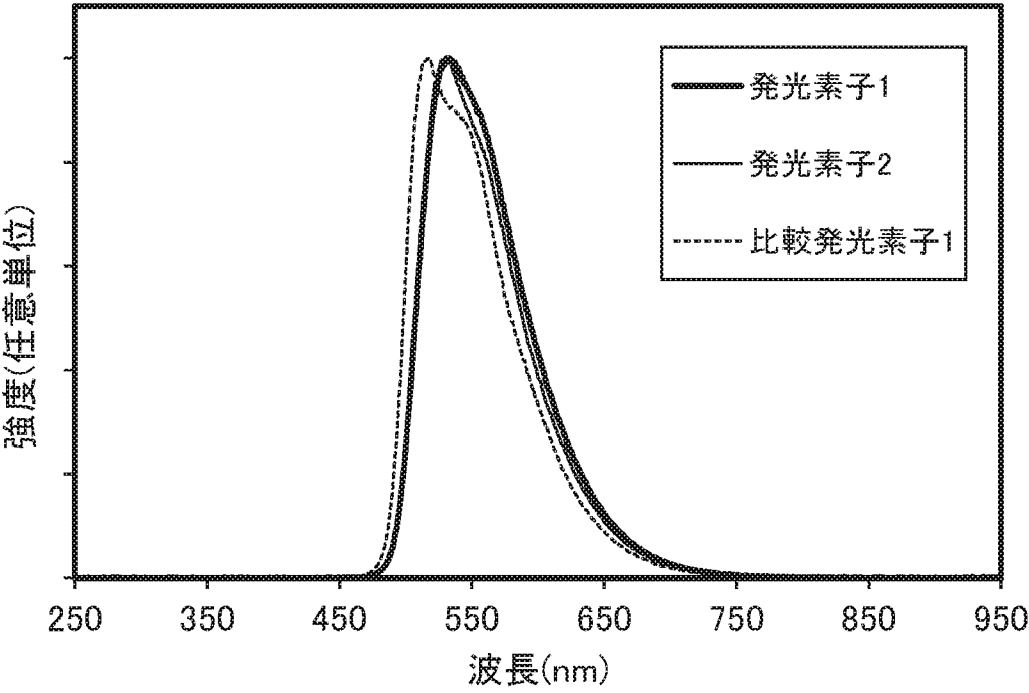
[図24]



[図25]

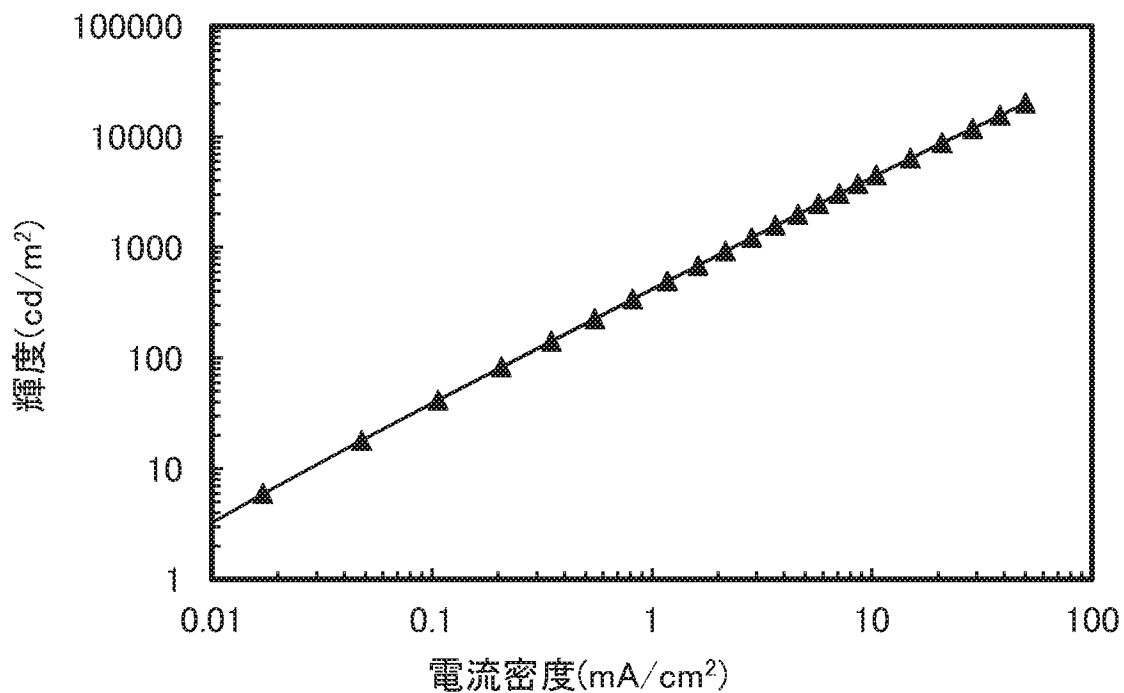


[図26]

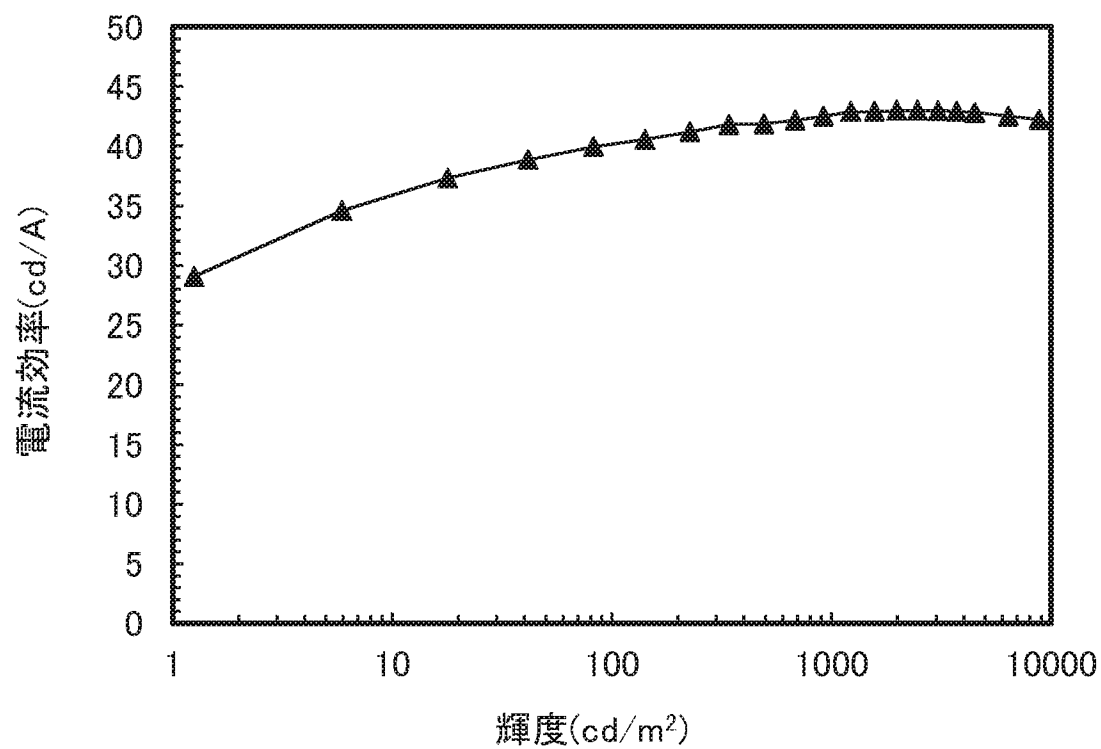


25/49

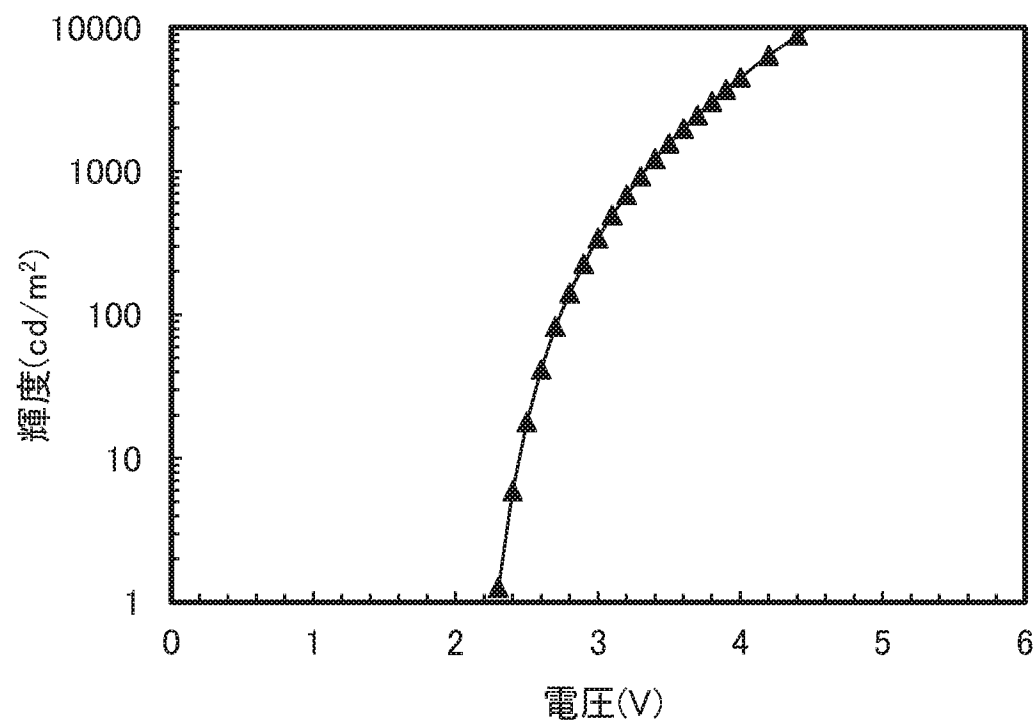
[図27]



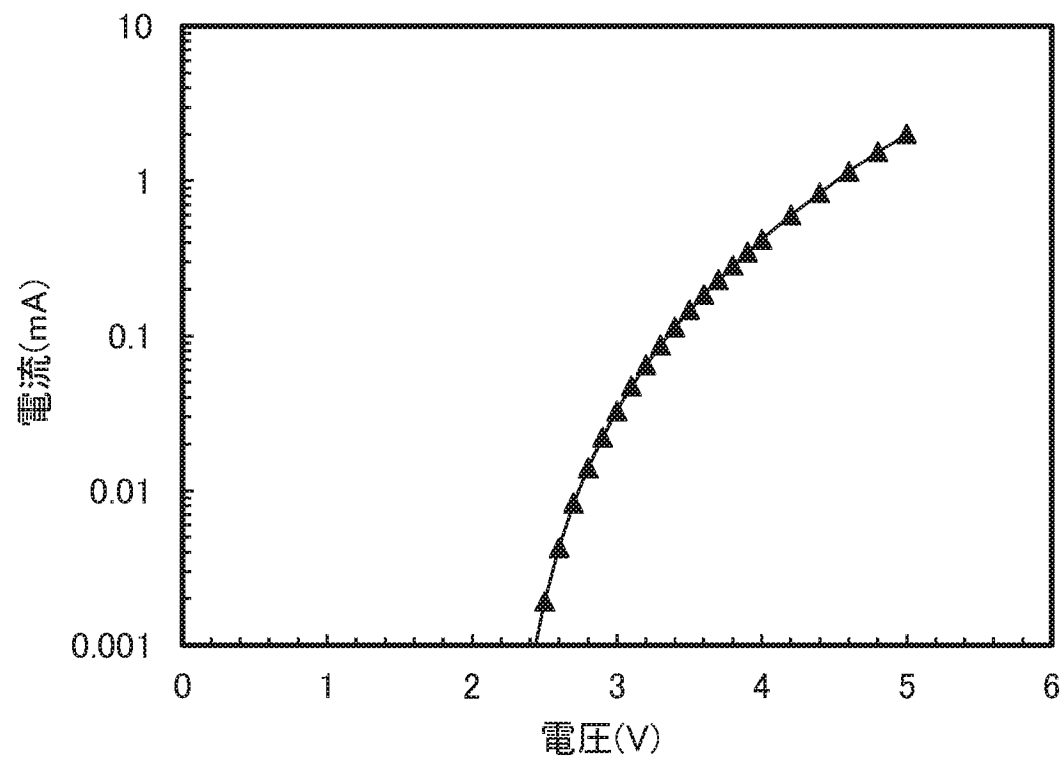
[図28]



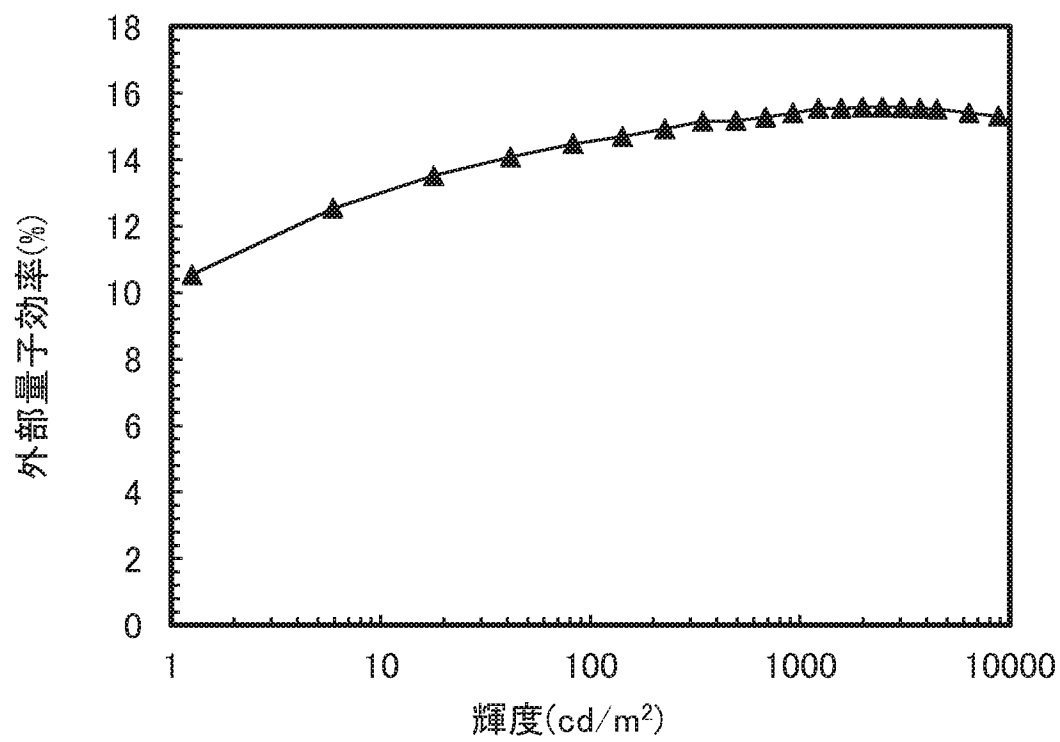
[図29]



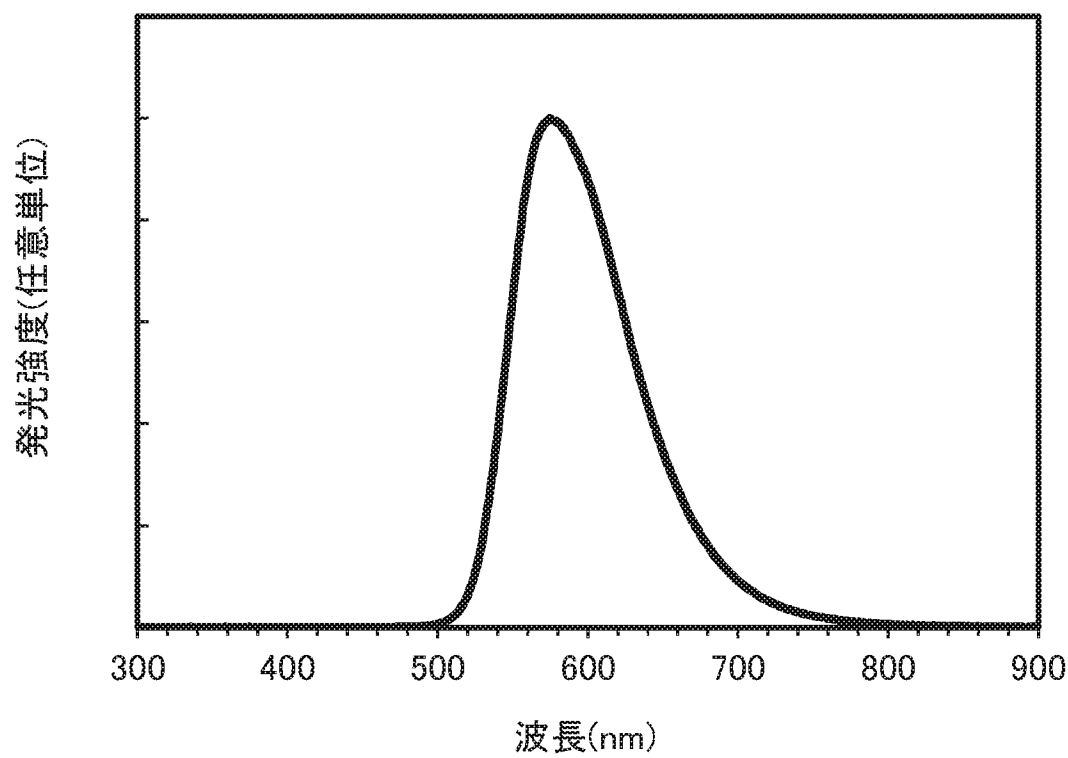
[図30]



[図31]



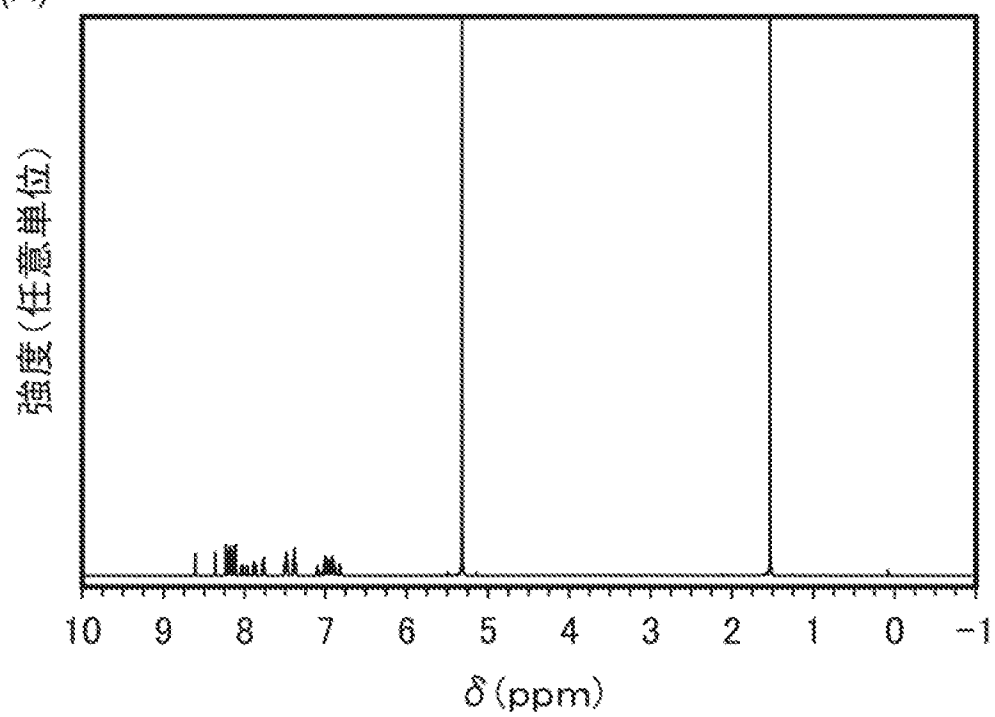
[図32]



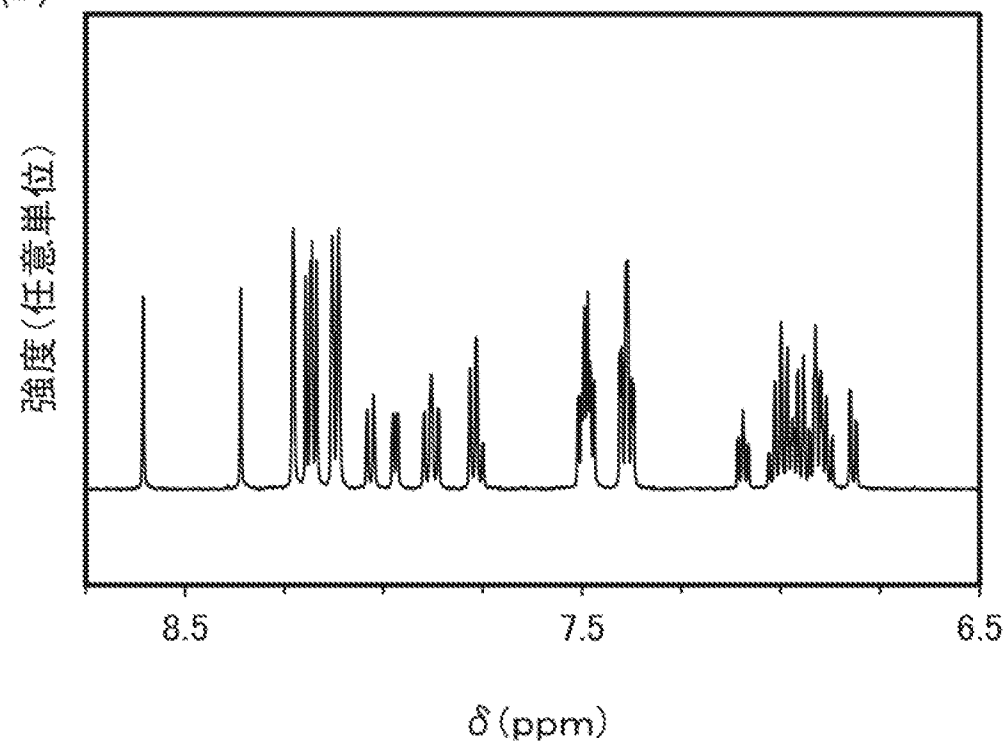
28/49

[図33]

(A)

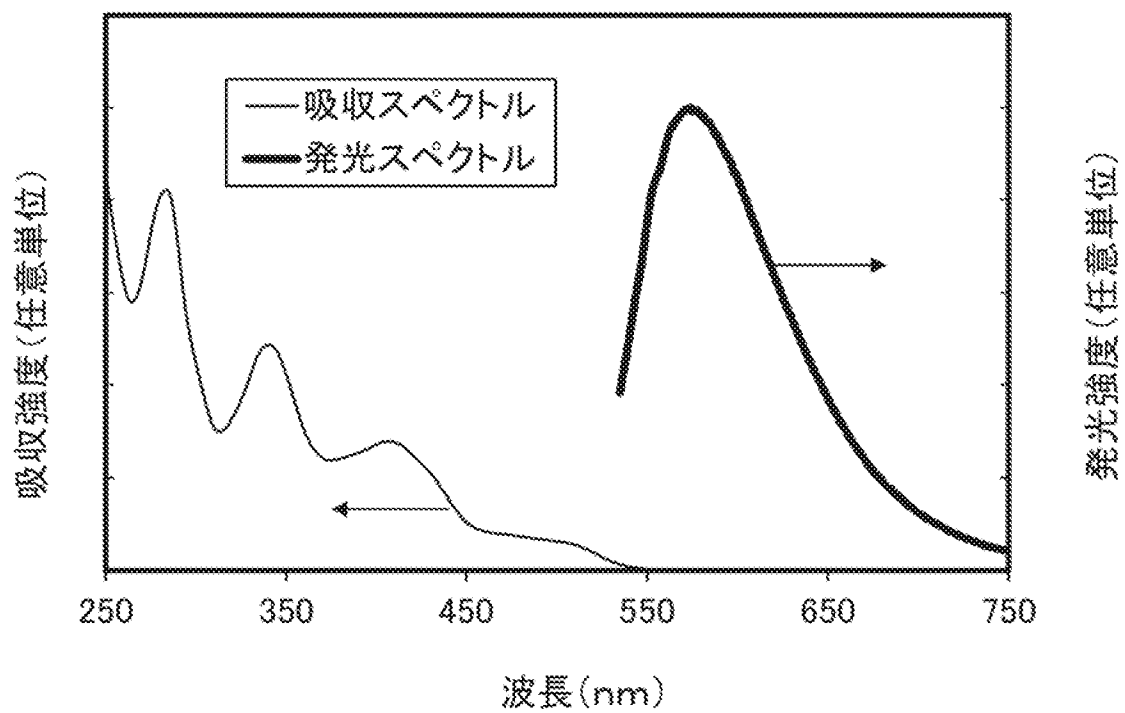


(B)



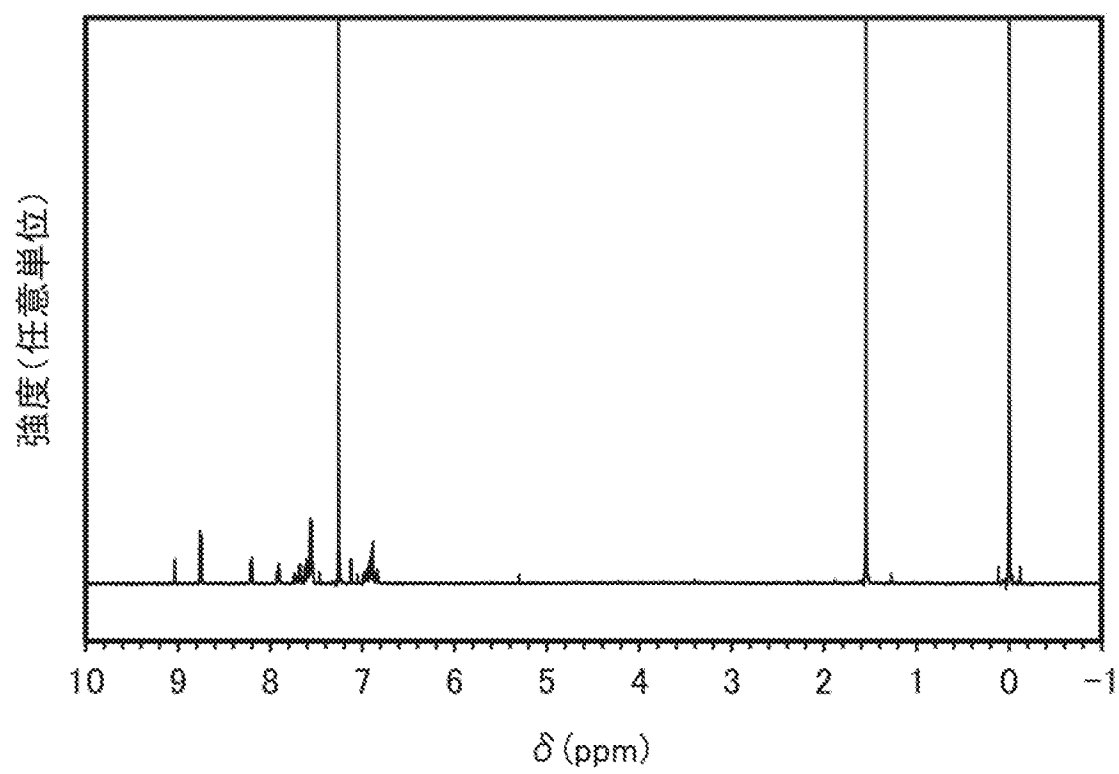
29/49

[図34]

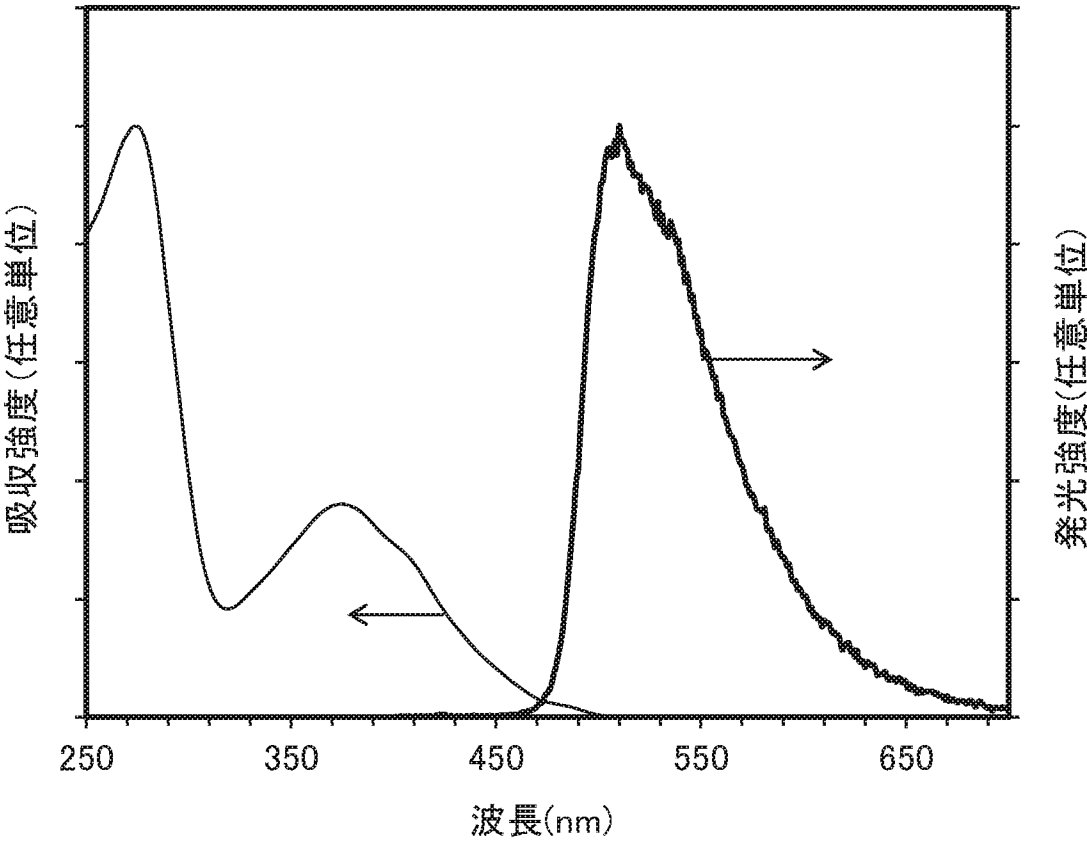


30/49

[図35]

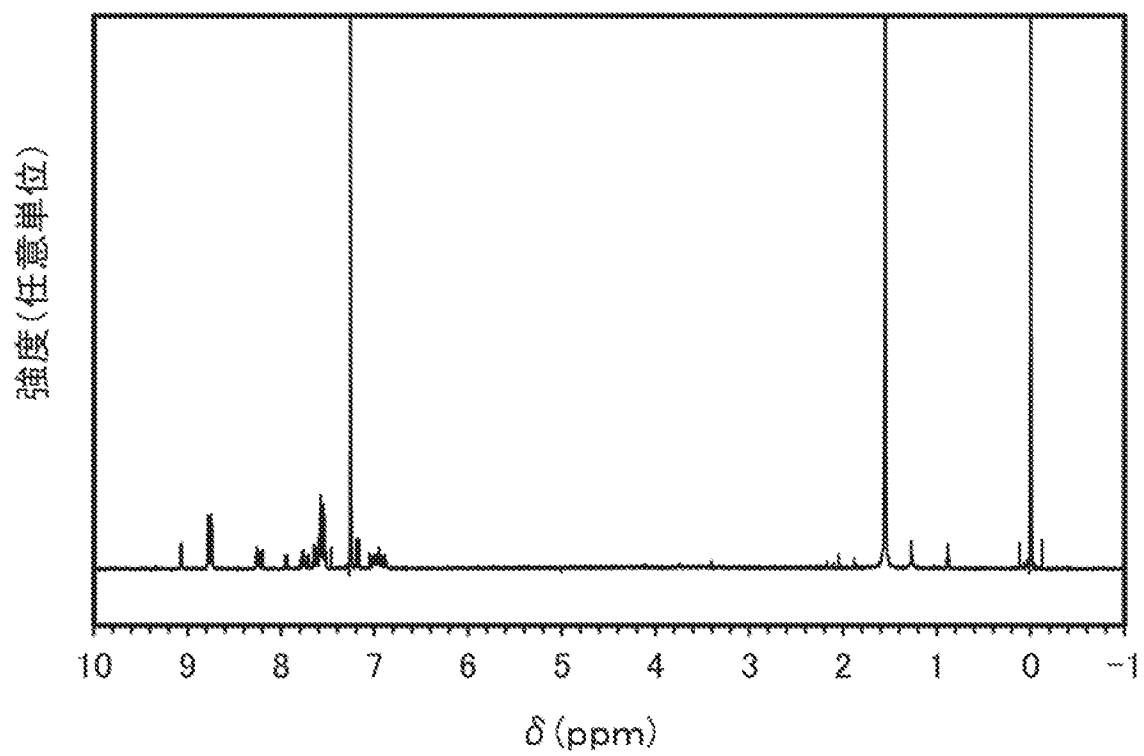


[図36]

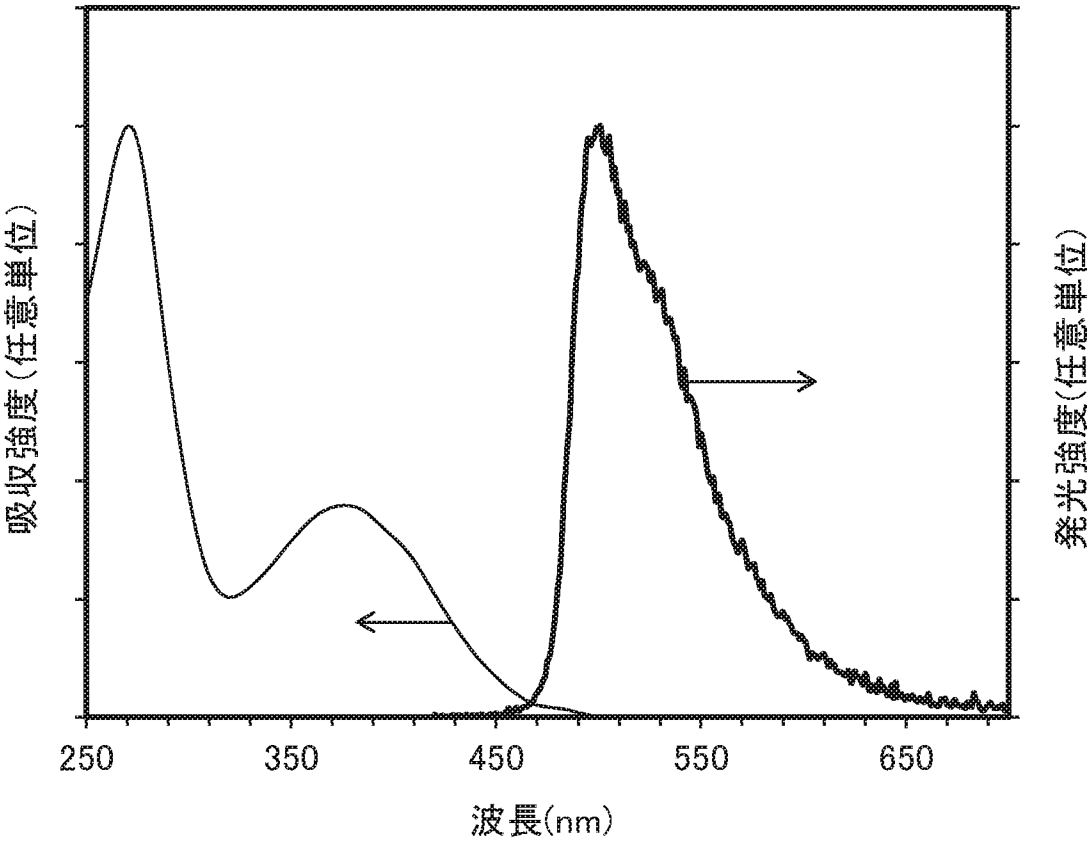


32/49

[图 37]

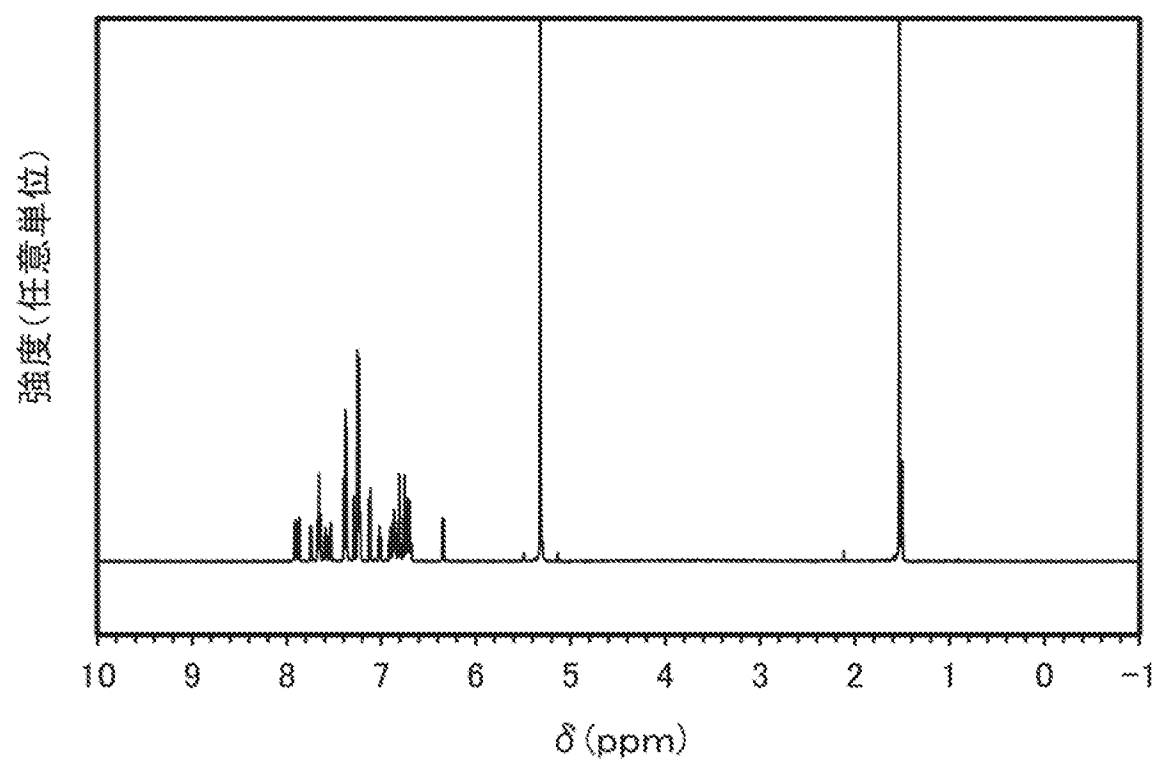


[圖38]



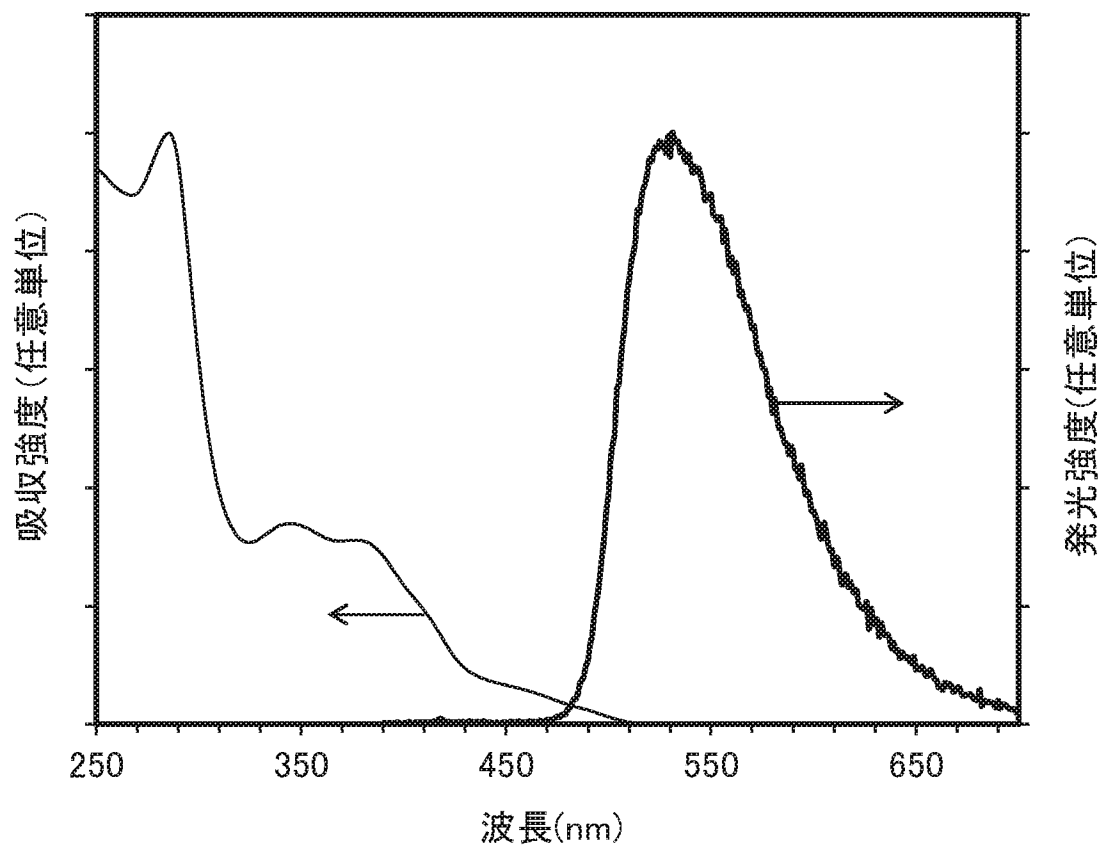
34/49

[図39]



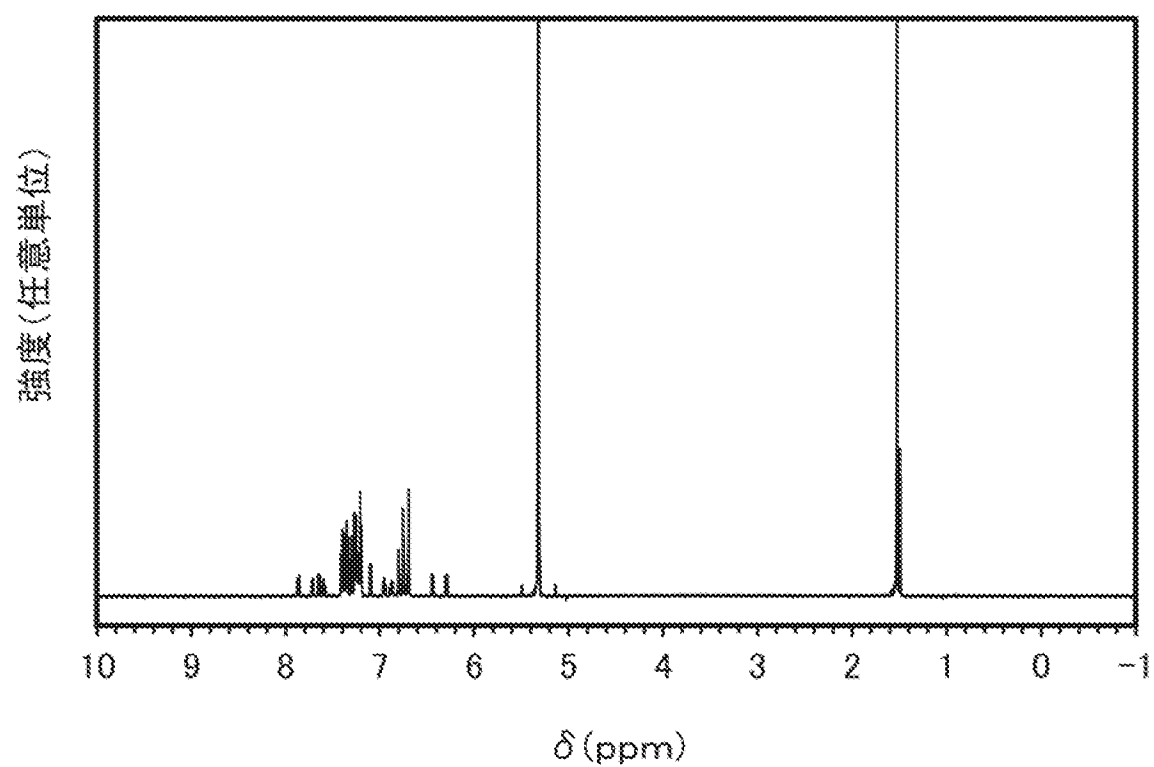
35/49

[図40]



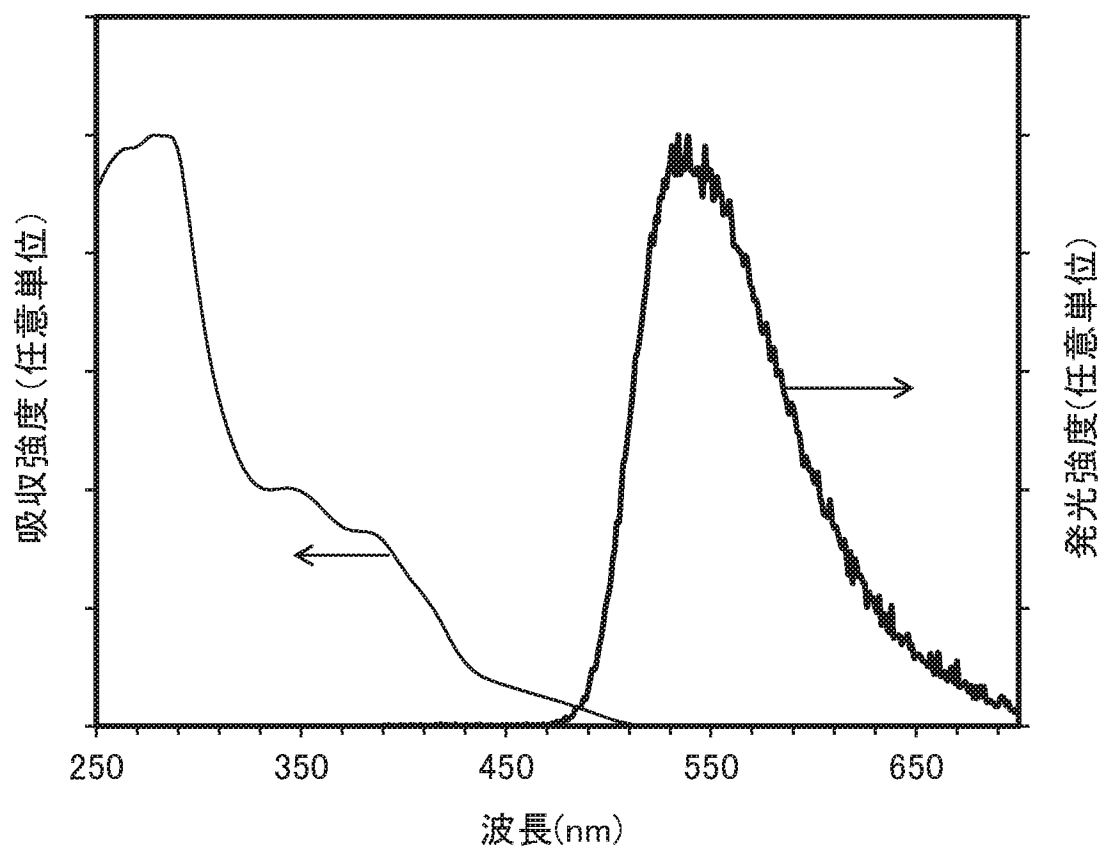
36/49

[図41]



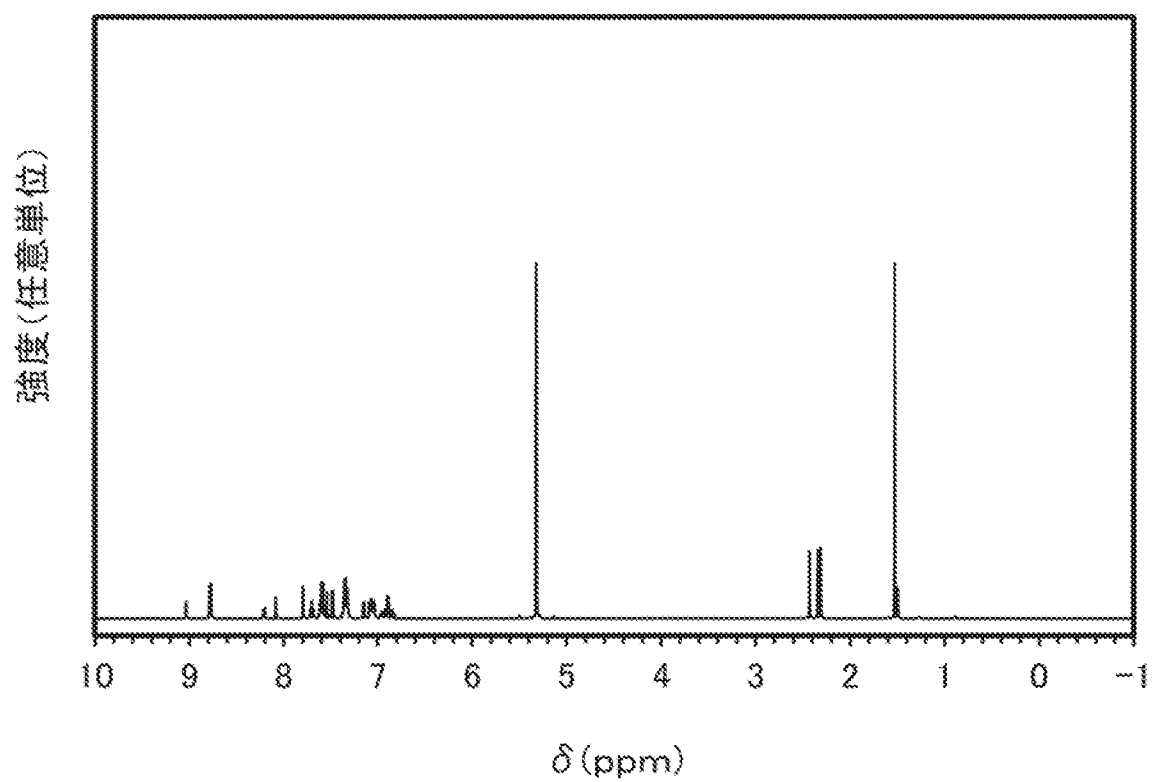
37/49

[図42]



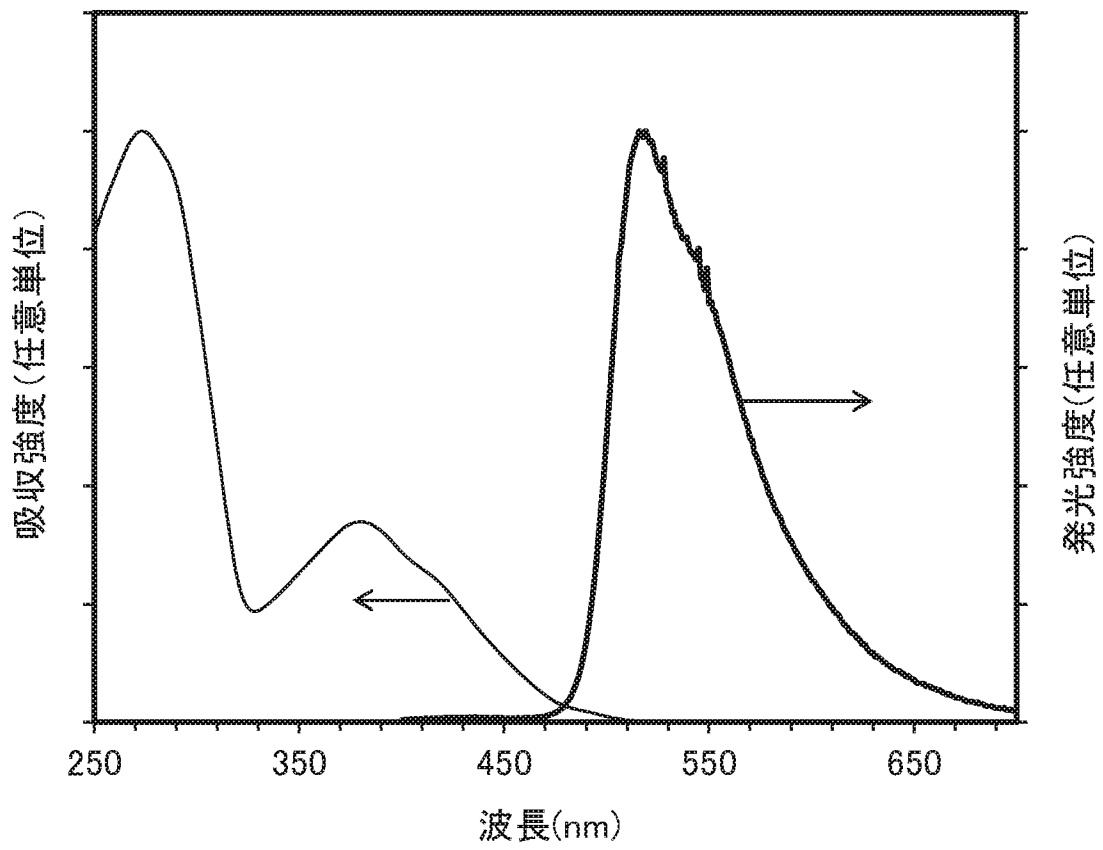
38/49

[図43]



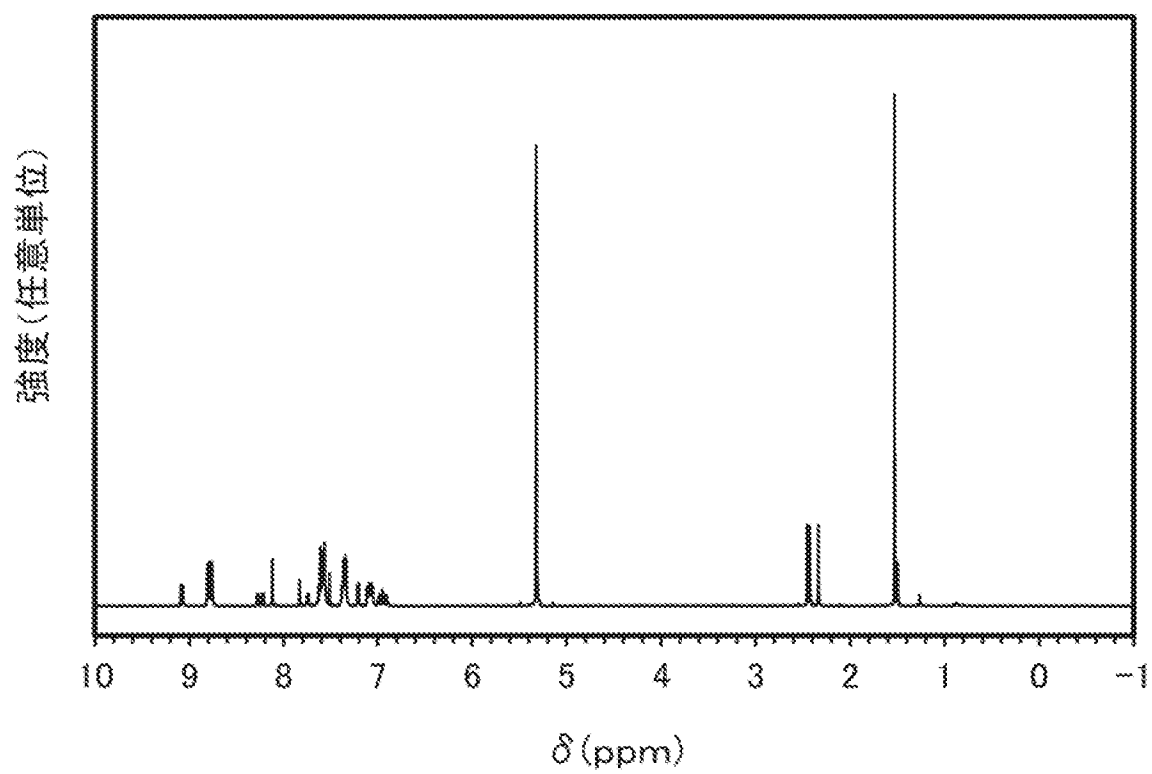
39/49

[図44]



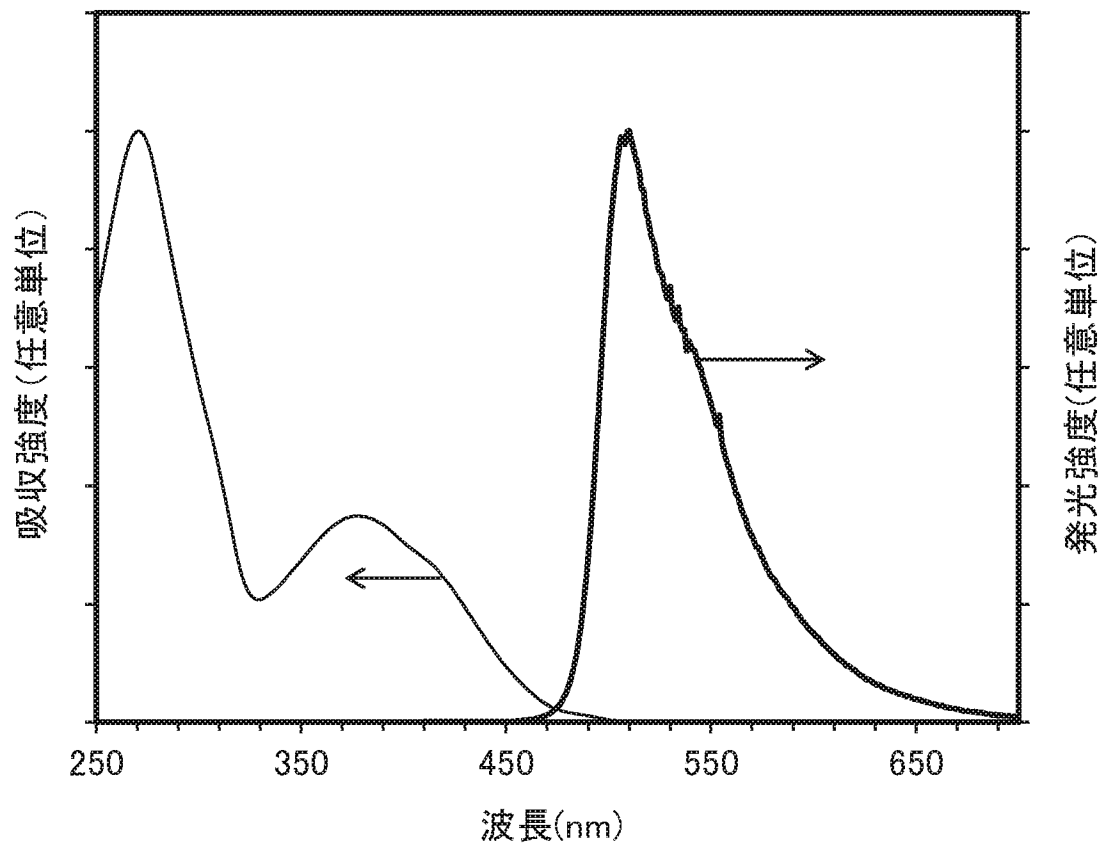
40/49

[図45]

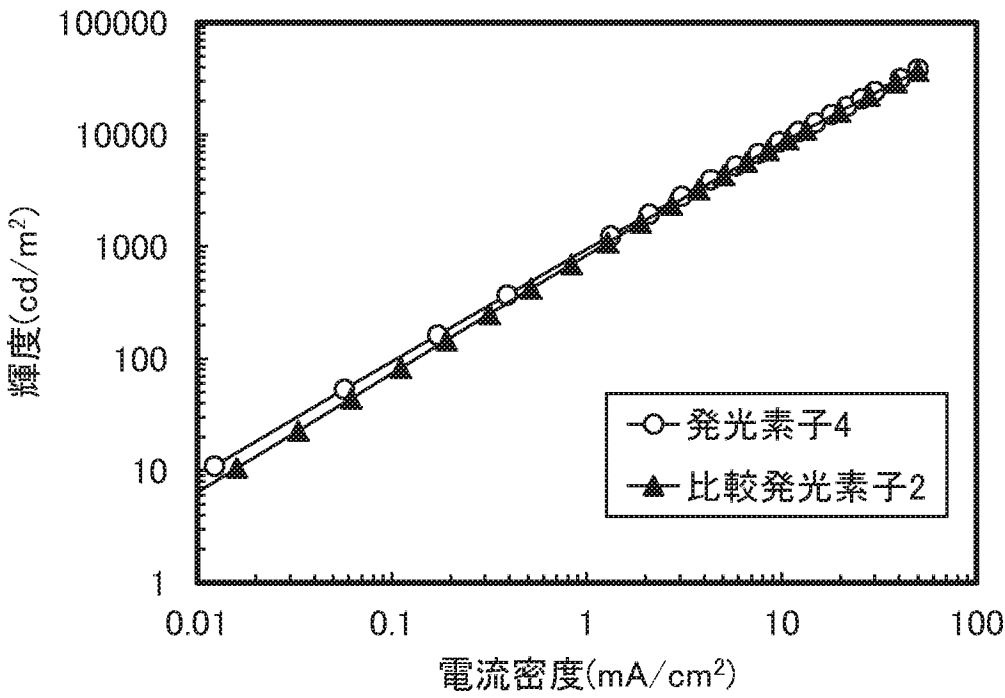


41/49

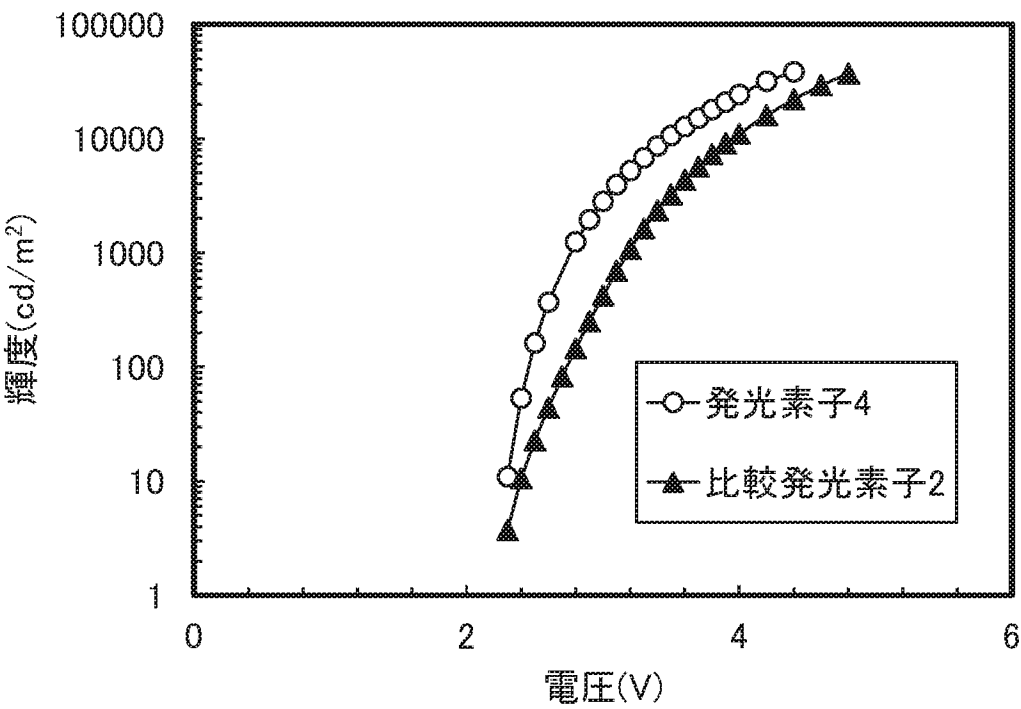
[図46]



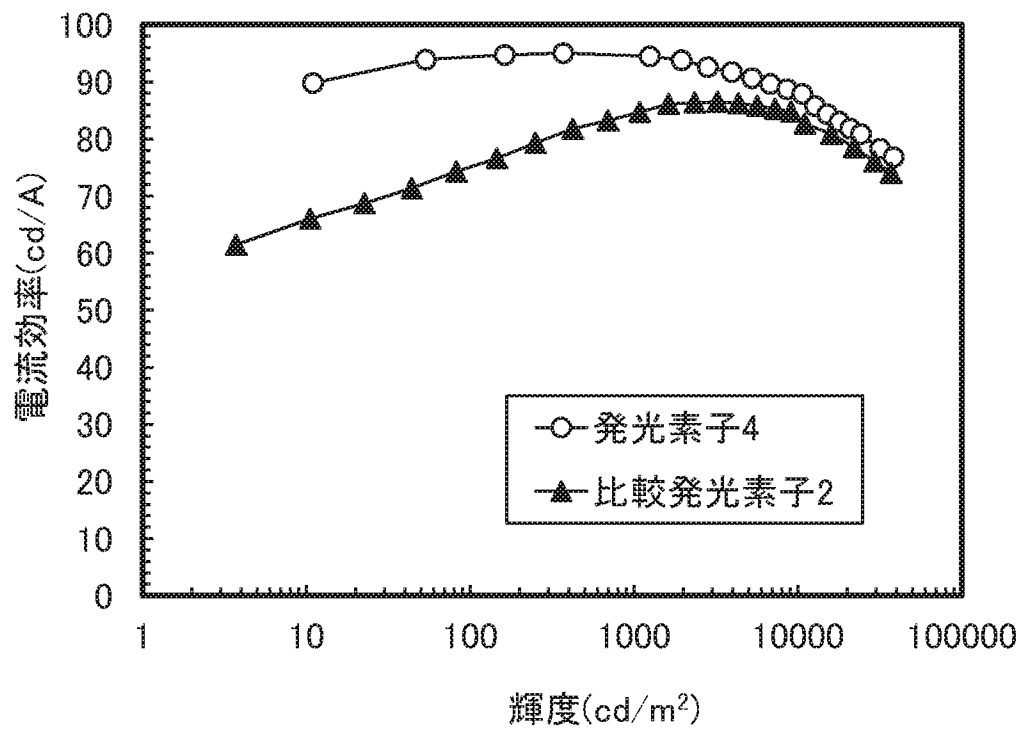
[図47]



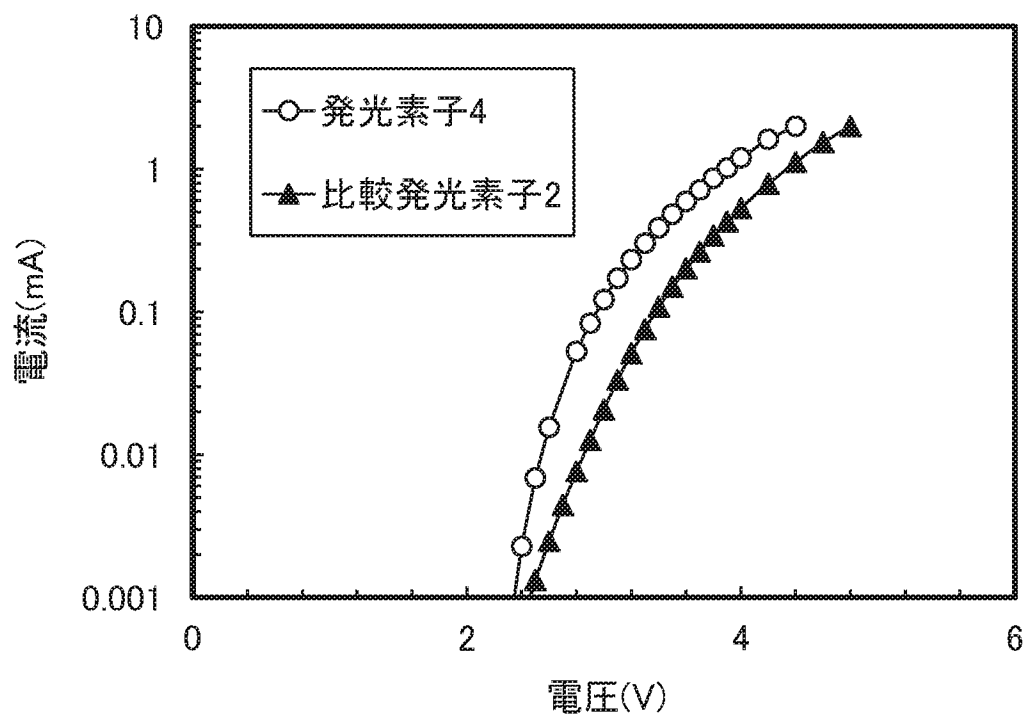
[図48]



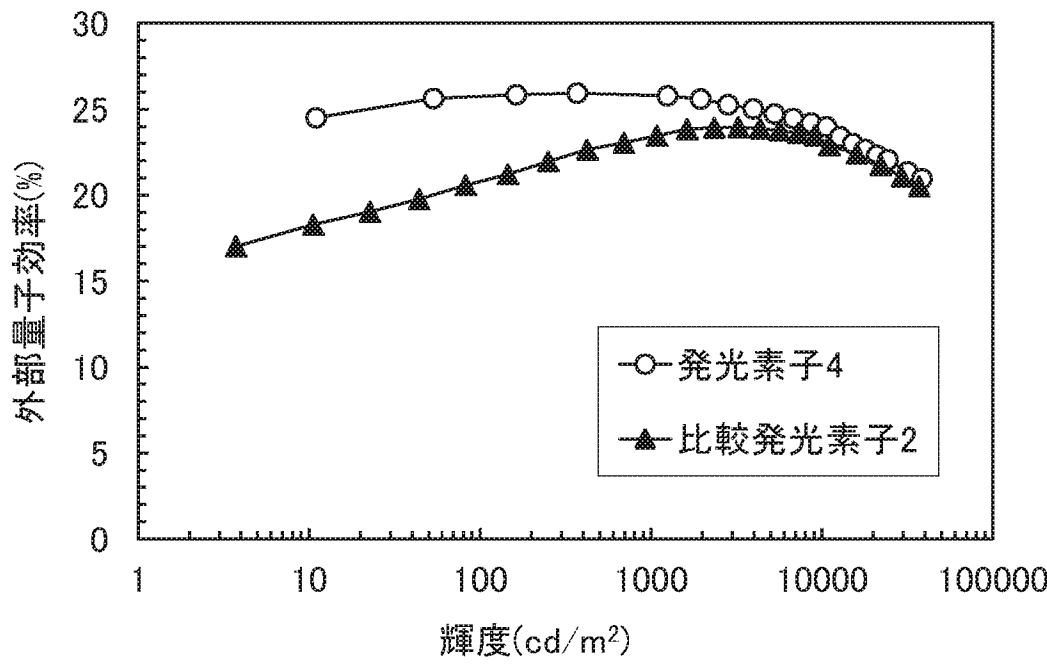
[図49]



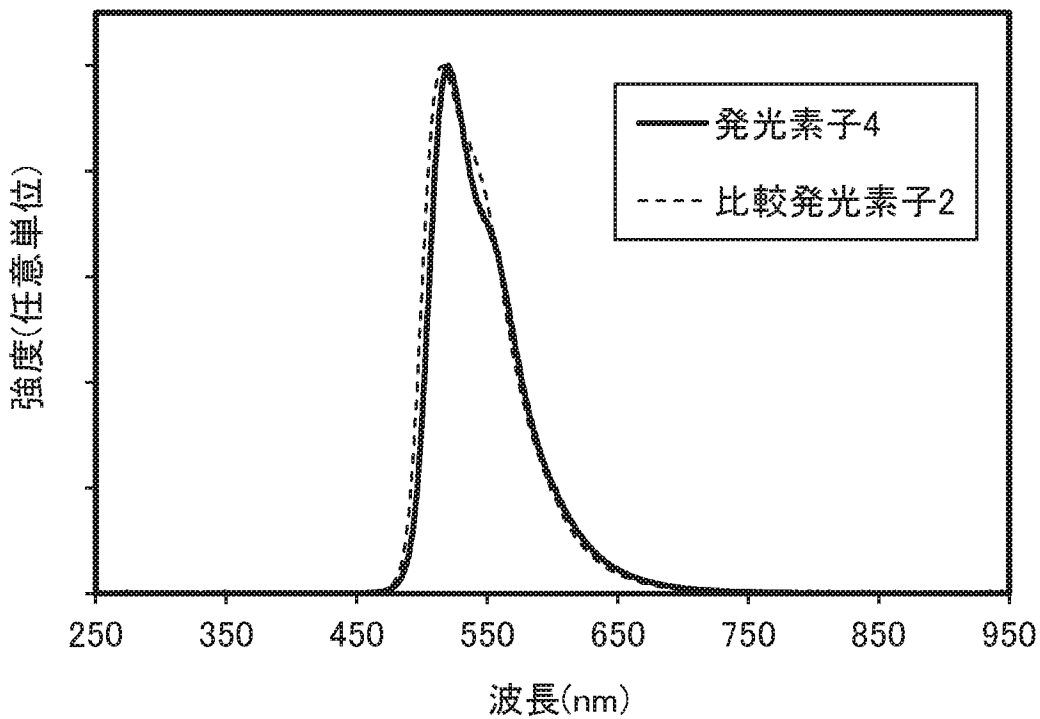
[図50]



[図51]

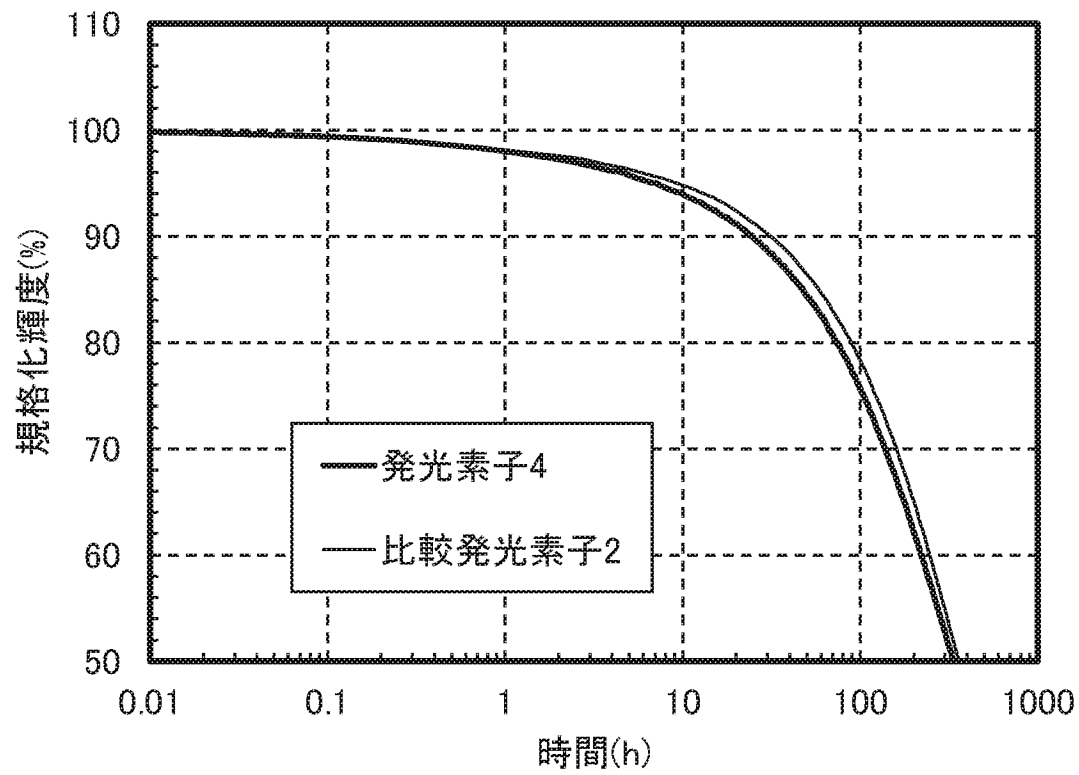


[図52]



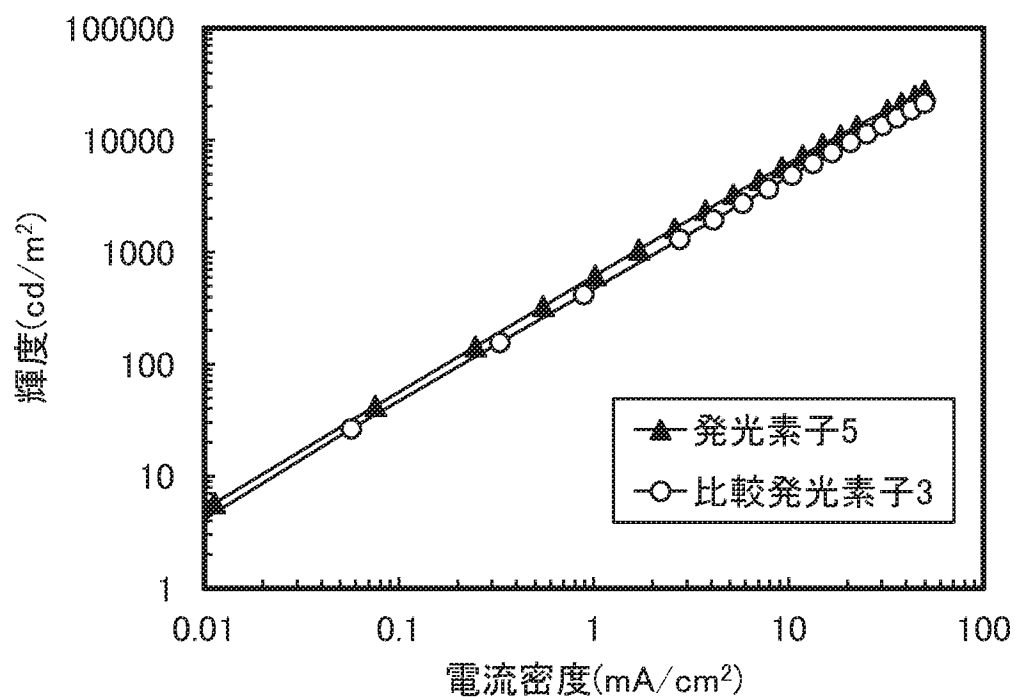
45/49

[図53]

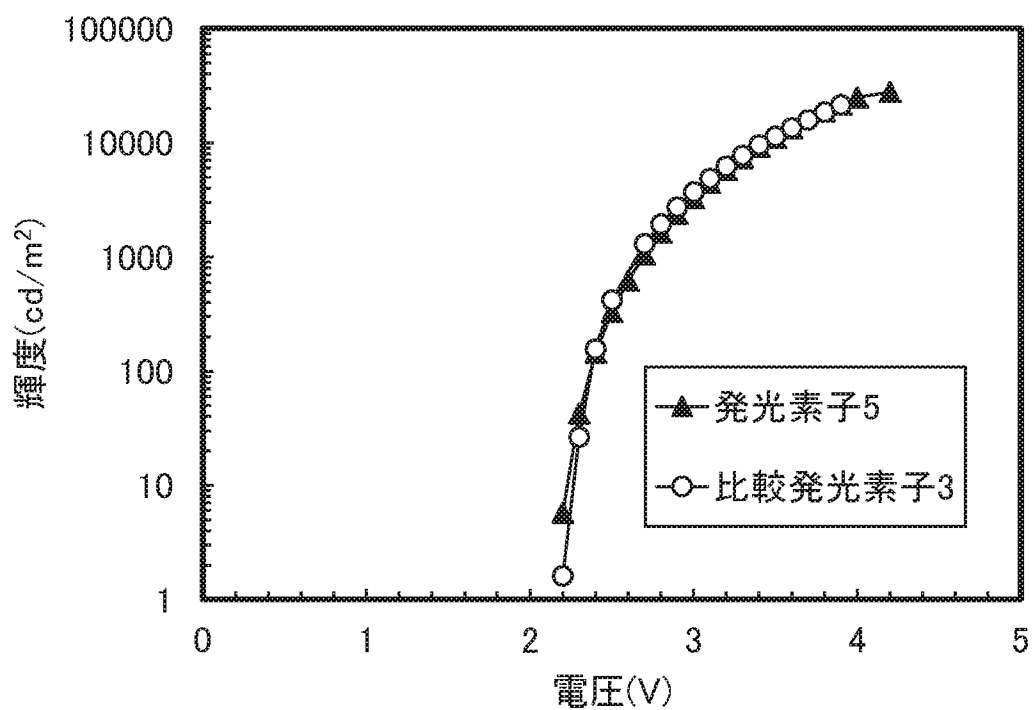


46/49

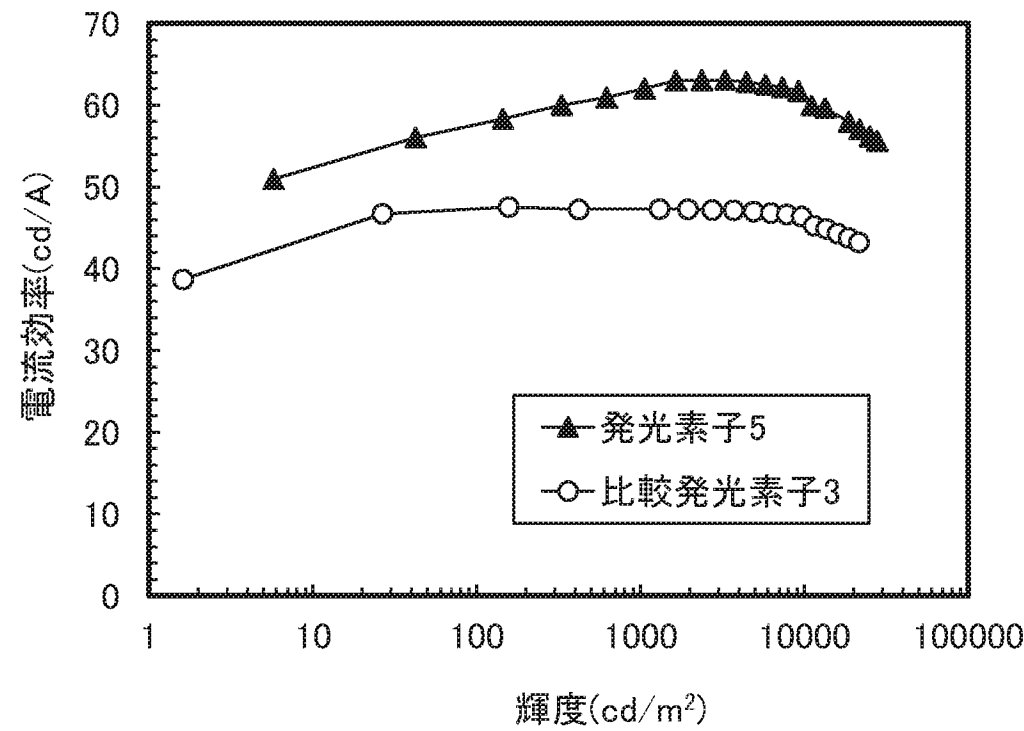
[図54]



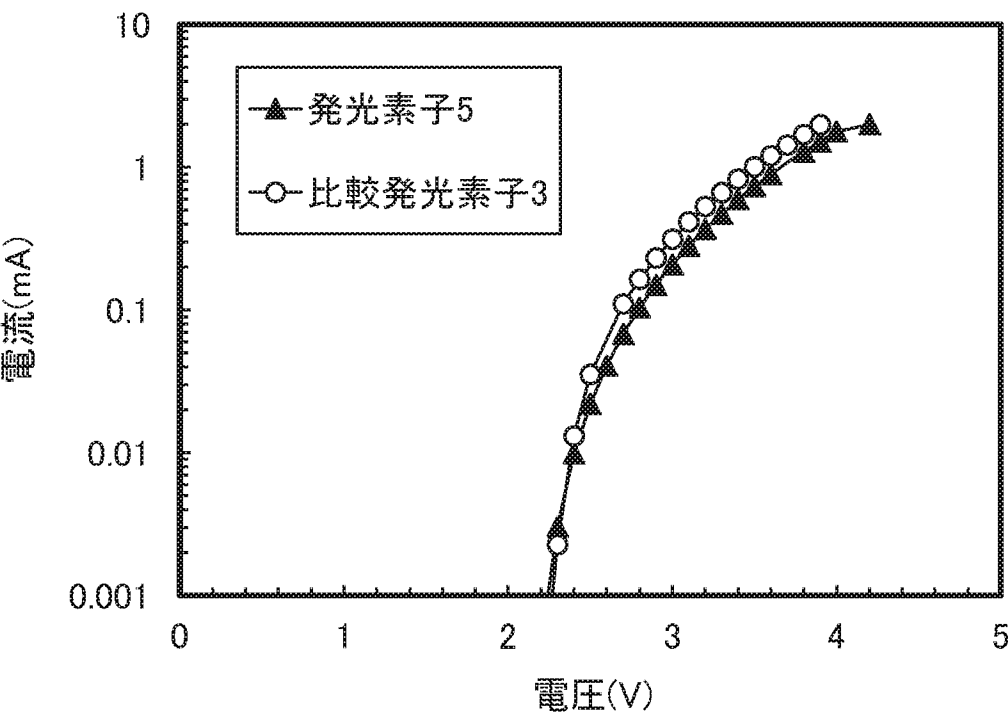
[図55]



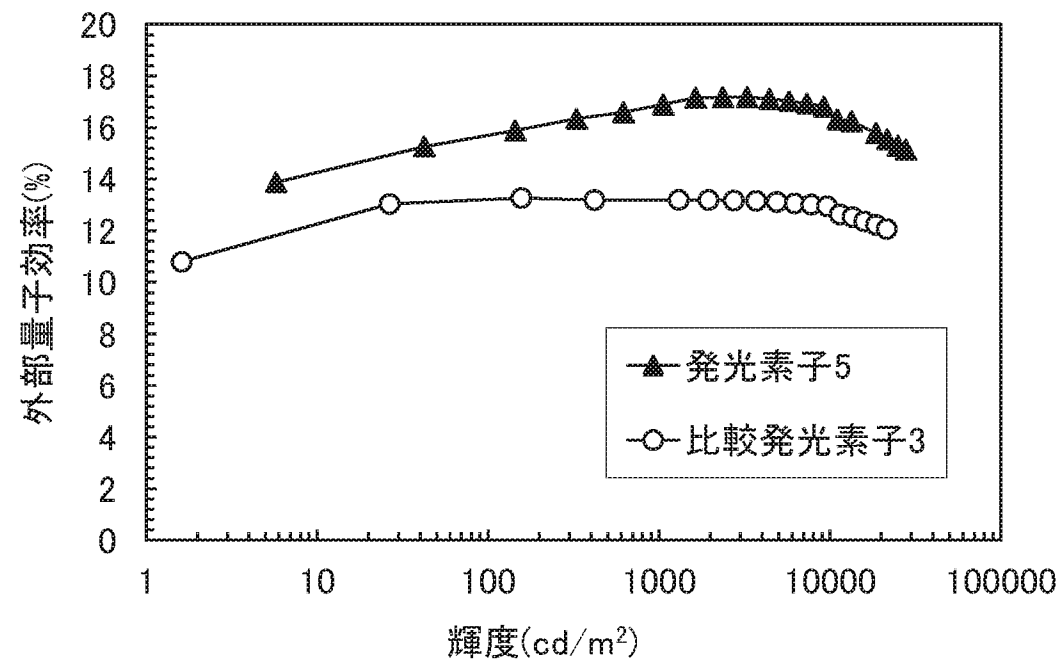
[図56]



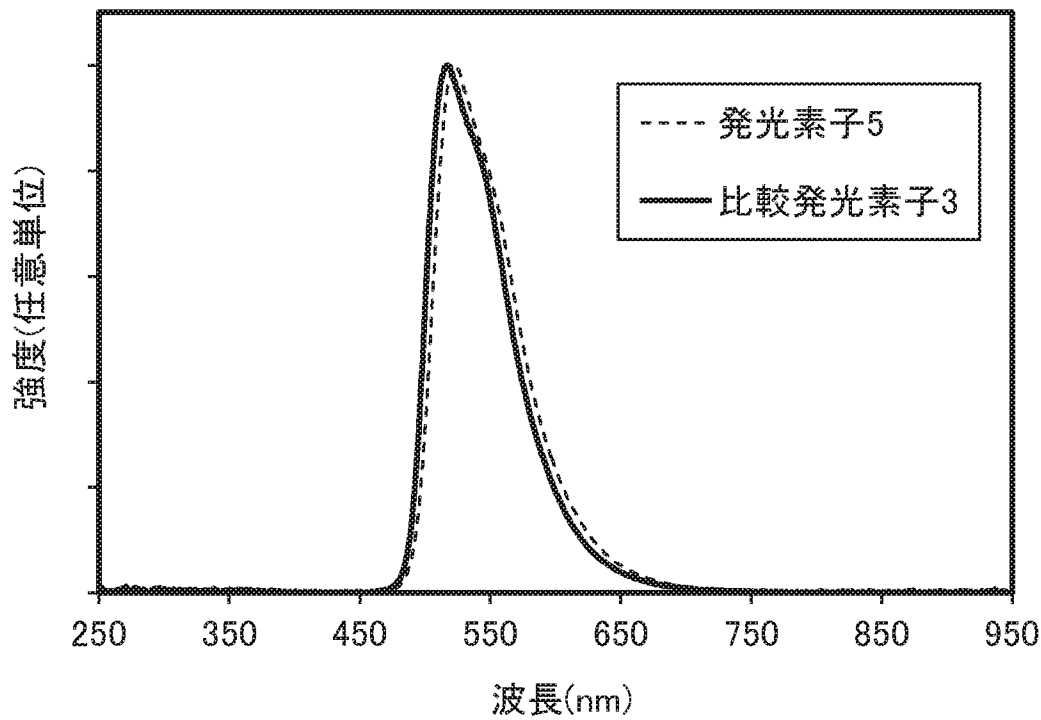
[図57]



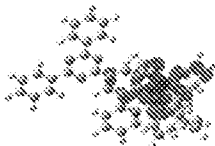
[図58]



[図59]



[図60]

構造式	HOMO	LUMO
(C 1)		
(C 2)		
(C 3)		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IB2018/051083

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl. H01L51/50 (2006.01) i, C09K11/06 (2006.01) i, C07F15/00 (2006.01) 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. H01L51/50, C09K11/06, C07F15/00 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018 Registered utility model specifications of Japan 1996-2018 Published registered utility model applications of Japan 1994-2018 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) CAplus/REGISTRY (STN)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	WO 2016/000803 A1 (MERCK PATENT GMBH) 07 January 2016, claim 1, page 37, lines 21-29, page 39, lines 19-27, page 67, lines 18-20, page 69, line 30 to page 102, line 10 & US 2017/0141329 A1 (paragraphs [0077], [0082]-[0083], [0105], [0109]-[0131], claim 1) & EP 3160976 A1 & JP 2017-522291 A (claim 1, paragraphs [0064], [0069]-[0070], [0091], [0095]-[0111])	1-12, 15-18, 20-25 13-14, 19, 26-35
☒ 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 22 May 2018 (22.05.2018)		Date of mailing of the international search report 29 May 2018 (29.05.2018)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IB2018/051083

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2013-504608 A (MERCK PATENT GMBH) 07 February 2013, claim 1, paragraphs [0059], [0100]-[0103] & WO 2011/032686 A1 & US 2012/0175561 A1 (paragraphs [0071], [0114]-[0117]) & KR 10-2012-0081155 A & EP 2477999 A1 & CN 102498120 A	1-5, 7, 15-20, 24-26 6, 8-14, 21-23, 27-35
X A	JP 2003-231692 A (JAPAN BROADCASTING CORPORATION) 19 August 2003, paragraphs [0047]-[0057], [0093]-[0111] (Family: none)	1-3, 15-17, 24 4-14, 18-23, 25-35
X A	JP 2013-93570 A (SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY CO., LTD.) 16 May 2013, paragraphs [0104], [0258]-[0269] & US 2013/0088144 A1 (paragraphs [0107], [0248]-[0259]) & KR 10-2013-0037646 A	1-3, 6, 15-19, 22-23, 25-26 4-5, 7-14, 20-21, 24, 27-35
X A	US 2014/0209873 A1 (KIM, Soungwook et al.) 31 July 2014, paragraphs [0110], [0232]-[0233] & KR 10-2014-0097937 A	1-3, 6, 15-17, 19, 22-23 4-5, 7-14, 18, 20-21, 24-35
X A	JP 2015-530982 A (MERCK PATENT GMBH) 29 October 2015, paragraphs [0251], [0270]-[0284] & CN 104520308 A & EP 2882763 A1 & KR 10-2015-0039846 A & US 2015/0171348 A1 (paragraphs [0259], [0278]-[0293])	1, 4-6, 15-18, 20, 22 2-3, 7-14, 19, 21, 23-35
X A	WO 2016/158540 A1 (IDEMITSU KOSAN CO., LTD.) 06 October 2016, claim 1, paragraph [0240] & EP 3276697 A1 (paragraph [0269], claim 1) & CN 107431136 A & KR 10-2017-0131398 A	1-5, 8-10, 13-14, 22 6-7, 11-12, 15-21, 23-35

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L51/50(2006.01)i, C09K11/06(2006.01)i, C07F15/00(2006.01)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. H01L51/50, C09K11/06, C07F15/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

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

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

CAplus/REGISTRY (STN)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	WO 2016/000803 A1 (MERCK PATENT GMBH) 2016.01.07, [請求項 1], 第 37 頁 21-29 行目, 第 39 頁 19-27 行目, 第 67 頁 18-20 行目, 第 69 頁 30 行目-第 102 頁 10 行目 & US 2017/0141329 A1 ([0077], [0082]-[0083], [0105], [0109]-[0131], Claim 1) & EP 3160976 A1 & JP 2017-522291 A ([請求項 1], [0064], [0069]-[0070], [0091], [0095]-[0111])	1-12, 15-18, 20-25 13-14, 19, 26- 35

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

22.05.2018

国際調査報告の発送日

29.05.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

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)

野尻 悠平

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

20

5554

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	JP 2013-504608 A (メルク パテント ゲーエムベーハー) 2013.02.07, [請求項 1], [0059], [0100]-[0103] & WO 2011/032686 A1 & US 2012/0175561 A1 ([0071], [0114]-[0117]) & KR 10-2012-0081155 A & EP 2477999 A1 & CN 102498120 A	1-5, 7, 15-20, 24-26 6, 8-14, 21-23 , 27-35
X A	JP 2003-231692 A (日本放送協会) 2003.08.19, [0047]-[0057], [0093]-[0111] (ファミリーなし)	1-3, 15-17, 24 4-14, 18-23, 25-35
X A	JP 2013-93570 A (株式会社半導体エネルギー研究所) 2013.05.16, [0104], [0258]-[0269] & US 2013/0088144 A1 ([0107], [0248]-[0259]) & KR 10-2013-0037646 A	1-3, 6, 15-19, 22-23, 25-26 4-5, 7-14, 20-21, 24, 27-35
X A	US 2014/0209873 A1 (KIM Soung Wook et al.) 2014.07.31, [0110], [0232]-[0233] & KR 10-2014-0097937 A	1-3, 6, 15-17, 19, 22-23 4-5, 7-14, 18, 20-21, 24-35
X A	JP 2015-530982 A (メルク パテント ゲーエムベーハー) 2015.10.29, [0251], [0270]-[0284] & CN 104520308 A & EP 2882763 A1 & KR 10-2015-0039846 A & US 2015/0171348 A1 ([0259], [0278]-[0293])	1, 4-6, 15-18, 20, 22 2-3, 7-14, 19, 21, 23-35
X A	WO 2016/158540 A1 (出光興産株式会社) 2016.10.06, [請求項 1], [0240] & EP 3276697 A1 ([0269], Claim 1) & CN 107431136 A & KR 10-2017-0131398 A	1-5, 8-10, 13-14, 22 6-7, 11-12, 15-21, 23-35