(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
2021年6月10日(10.06.2021)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2021/111227 A1

(51) 国際特許分類:
H05B 33/02 (2006.01) *H05B 33/26* (2006.01)
H01L 51/50 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/IB2020/060831

(22) 国際出願日： 2020年11月18日(18.11.2020)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2019-217749 2019年12月2日(02.12.2019) JP

(71) 出願人: 株式会社半導体エネルギー研究所 **(SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY CO., LTD.)** [JP/JP]; 〒2430036 神奈川県厚木市長谷398 Kanagawa (JP).

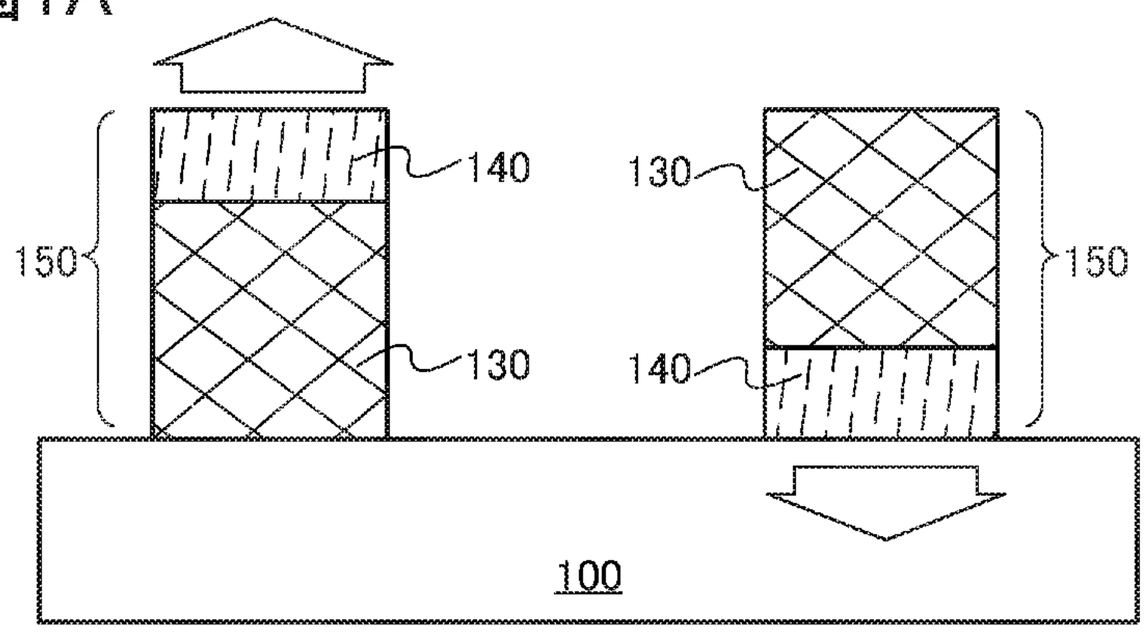
(72) 発明者: 渡部剛吉 **(WATABE, Takeyoshi)**; 〒2430036 神奈川県厚木市長谷398株式会社半導体エネルギー研究所内 Kanagawa (JP). 植田藍莉**(UEDA, Airi)**; 〒2430036 神奈川県厚木市長谷398株式会社半導体エネルギー研究所内 Kanagawa (JP). 大澤信晴**(OHSAWA, Nobuharu)**; 〒2430036 神奈川県厚木市長谷398株式会社半導体エネルギー研究所内 Kanagawa (JP). 瀬尾哲史**(SEO, Satoshi)**; 〒2430036 神奈川県厚木市長谷398株式会社半導体エネルギー研究所内 Kanagawa (JP).

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

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

(54) 発明の名称： 発光デバイス、発光装置、電子機器および照明装置

図1A



(57) Abstract: The present invention provides a near-infrared organic EL device having good efficiency. The present invention provides a light emitting device which comprises a first electrode, a second electrode and an EL layer, wherein: the EL layer is positioned between the first electrode and the second electrode; the EL layer emits light that has a peak of the emission spectrum within the wavelength range of from 750 nm to 1,000 nm; one of the first electrode and the second electrode is transparent to the light at the peak wavelength of the emission spectrum from the EL layer; the transparent electrode is provided with a first layer on a surface that is on the reverse side of the surface facing the EL layer; the first layer contains an organic compound; and the extinction coefficient k of the first layer has the maximum value in the visible light region.

WO 2021/111227 A1

[続葉有]

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

添付公開書類：

— 国際調査報告（条約第21条(3)）

— 白黒。出願原本にはカラー又はグレースケールの情報が含まれており、PATENTSCOPE からのダウンロードが可能。

(57) 要約：効率の良好な近赤外有機ＥＬデバイスを提供する。 第１の電極と、第２の電極と、ＥＬ層とを有し、前記ＥＬ層は前記第１の電極と前記第２の電極との間に位置し、前記ＥＬ層は、７５０ｎｍ以上１０００ｎｍ以下の波長範囲に発光スペクトルのピークを有する光を呈し、前記第１の電極と前記第２の電極のどちらか一方は、前記ＥＬ層における発光スペクトルのピーク波長の光に対して透過性を有する電極であり、前記透過性を有する電極における前記ＥＬ層に対する面と反対の面に接して第１の層を有し、前記第１の層は、有機化合物を含み、前記第１の層は、消衰係数ｋが可視光領域において極大値を有する発光デバイスを提供する。

明細書

発明の名称

発光デバイス、発光装置、電子機器および照明装置

技術分野

［０００１］

本発明の一態様は、有機化合物、発光素子、発光デバイス、ディスプレイモジュール、照明モジュール、表示装置、発光装置、電子機器、照明装置および電子デバイスに関する。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）を利用する発光デバイス（有機ＥＬデバイス）の実用化が進んでいる。これら発光デバイスの基本的な構成は、一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］

このような発光デバイスは発光層を二次元に連続して形成することが可能であるため、面状に発光を得ることができる。これは、白熱電球や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。

［０００４］

また、有機ＥＬデバイスはプラスチック基板などの可撓性を有する基板上に作製することで、フレキシブル性を有する光源とすることも可能となる。

［０００５］

一方、近年では、長波長な近赤外領域（７８０ｎｍ～１４００ｎｍ）の発光を示す有機ＥＬデバイスの研究も盛んである。この波長領域は水やヘモグロビンにおける透過率が高いため、生体に対するセンシング（バイオセンシング）に利用することができる。有機ＥＬデバイスは上述のようにフレキシブル性や面光源が可能といった特徴を兼ね備え、生体の形状にフィットしやすいため、近赤外光を発する有機ＥＬデバイスはバイオセンシングへの応用に好適と言われている。

［０００６］

このように、近赤外光を発する有機ＥＬデバイスは有用な技術であるが、他の発光色に比べ、本質的に発光効率が低いという問題がある。これはバンドギャップ則の影響を受けるためである。また、発光層において近赤外発光ドーパントをホストにドープした場合、ドーパントのＨＯＭＯ－ＬＵＭＯギャップがホストに比べて極端に狭いため、キャリアトラップを形成しやすいことも理由の一つである。このことは発光効率の低下をもたらすのみならず、素子寿命に悪影響を及ぼす場合もある。このような理由から、高い発光効率に加えて十分な寿命も兼ね備えた近赤外光を発する有機ＥＬデ

バイスの研究報告例は極めて少ない。

［０００７］

特許文献１では、深赤から近赤外に発光スペクトルを有するりん光ドーパントについて報告されている。

[先行技術文献]

[特許文献]

［０００８］

[特許文献１]　特開２０１７－１１４８５３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

［０００９］

または、本発明の一態様では、発光効率の高い近赤外発光デバイスを提供することを目的とする。または、本発明の一態様では、消費電力の小さい発光デバイス、発光装置、電子機器、表示装置および電子デバイスを各々提供することを目的とする。

［００１０］

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

［００１１］

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

［００１２］

本発明の一態様は、第１の電極と、第２の電極と、ＥＬ層とを有し、前記ＥＬ層は前記第１の電極と前記第２の電極との間に位置し、前記ＥＬ層は、７５０ｎｍ以上１０００ｎｍ以下の波長範囲に発光スペクトルのピークを有する光を呈し、前記第１の電極と前記第２の電極のどちらか一方は、前記ＥＬ層における発光スペクトルのピーク波長の光に対して透過性を有する電極であり、前記透過性を有する電極は、前記透過性を有する電極に対して前記ＥＬ層が形成される面と反対の面に接して第１の層を有し、前記第１の層は、有機化合物を含み、前記第１の層は、消衰係数ｋが可視光領域において極大値を有する発光デバイスである。

［００１３］

または、本発明の他の一態様は、第１の電極と、第２の電極と、ＥＬ層とを有し、前記ＥＬ層は前記第１の電極と前記第２の電極との間に位置し、前記ＥＬ層は、７５０ｎｍ以上１０００ｎｍ以下の波長範囲に発光スペクトルのピークを有する光を呈し、前記第１の電極と前記第２の電極のどちらか一方は、前記ＥＬ層における発光スペクトルのピーク波長の光に対して透過性を有する電極であり、前記透過性を有する電極は、前記透過性を有する電極に対して前記ＥＬ層が形成される面と反対の面に接して第１の層を有し、前記第１の層は、有機化合物を含み、前記第１の層の可視光領域における消衰係数ｋの最大値が０．０５以上である発光デバイスである。

［００１４］

または、本発明の他の一態様は、第１の電極と、第２の電極と、ＥＬ層とを有し、前記ＥＬ層は前

記第１の電極と前記第２の電極との間に位置し、前記ＥＬ層は、７５０ｎｍ以上１０００ｎｍ以下の波長範囲に発光スペクトルのピークを有する光を呈し、前記第１の電極と前記第２の電極のどちらか一方は、前記ＥＬ層における発光スペクトルのピーク波長の光に対して透過性を有する電極であり、前記透過性を有する電極は、前記透過性を有する電極に対して前記ＥＬ層が形成される面と反対の面に接して第１の層を有し、前記第１の層は、有機化合物を含み、前記第１の層の可視光領域における消衰係数ｋの最大値が０．２以上である発光デバイスである。

［００１５］

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の層の屈折率ｎが、前記ＥＬ層の発光スペクトルのピーク波長において１．９以上である発光デバイスである。

［００１６］

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の電極と前記第２の電極のどちらか一方は、前記ＥＬ層における発光スペクトルのピーク波長の光に対して透過性を有する電極であり、他方は前記ＥＬ層における発光スペクトルのピーク波長の光に対して反射性を有する電極である発光デバイスである。

［００１７］

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記透過性を有する電極は、前記ＥＬ層における発光スペクトルのピーク波長の光に対してさらに反射性を有する半透過半反射電極である発光デバイスである。

［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２の電極が透過性を有する電極であり、前記第２の電極が陰極である発光デバイスである。

［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の電極が透過性を有する電極であり、前記第１の電極が陽極である発光デバイスである。

［００２０］

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の層に含まれる有機化合物が１種類である発光デバイスである。

［００２１］

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の層に含まれる有機化合物が、抵抗加熱によって蒸着することが可能な物質である発光デバイスである。

［００２２］

または、本発明の他の一態様は、上記発光デバイスと、センサ、操作ボタン、スピーカ、または、マイクと、

を有する電子機器である。

［００２３］

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

［００２４］

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

［００２５］

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

［００２６］

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

［００２７］

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

図面の簡単な説明

［００２８］

図１Ａ、図１Ｂおよび図１Ｃは発光デバイスの概略図である。

図２Ａおよび図２Ｂはアクティブマトリクス型発光装置の概念図である。

図３Ａおよび図３Ｂはパッシブマトリクス型発光装置の概念図である。

図４Ａおよび図４Ｂは照明装置を表す図である。

図５Ａ、図５Ｂ１、図５Ｂ２および図５Ｃは電子機器を表す図である。

図６Ａ、図６Ｂおよび図６Ｃは電子機器を表す図である。

図７は、認証システムのブロック図の一例である。

図８は、透過型静脈認証システムの図の一例である。

図９は、反射型静脈認証システムの図の一例である。

図１０Ａおよび図１０Ｂは電子機器を表す図である。

図１１Ａ、図１１Ｂおよび図１１Ｃは電子機器を表す図である。

図１２は発光デバイス１および比較発光デバイス１の放射発散度－電流密度特性である。

図１３は発光デバイス１および比較発光デバイス１の放射発散度－電圧特性である。

図１４は発光デバイス１および比較発光デバイス１の放射束－電流密度特性である。

図１５は発光デバイス１および比較発光デバイス１の電流－電圧特性である。

図１６は発光デバイス１および比較発光デバイス１の外部量子効率－電流密度特性である。

図１７は発光デバイス１および比較発光デバイス１のＥＬ発光スペクトルである。

図１８は発光デバイス１および比較発光デバイス１の駆動時間に対する輝度の変化を表すグラフである。

図１９は発光デバイス１－１乃至１－４および比較発光デバイス１－１乃至１－４における第１の層の膜厚に対する外部量子効率の変化を表すグラフである。

図２０ＡはＤＢＰの、図２０ＢはＤＢＴ３Ｐ－ＩＩの屈折率ｎを表すグラフである。

図２１ＡはＤＢＰの、図２１ＢはＤＢＴ３Ｐ－ＩＩの消衰係数ｋを表すグラフである。

図２２は発光デバイス１および比較発光デバイス１の分光放射輝度－波長特性を表すグラフである。

発明を実施するための形態

［００２９］

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。

［００３０］

（実施の形態１）

本実施の形態では、本発明の一態様の発光デバイスについて説明する。

［００３１］

図１Ａに、本発明の一態様の発光デバイス１５０を表す図を示す。本発明の発光デバイスは、絶縁表面１００上に形成され、有機ＥＬデバイス１３０とその光が放射される方の電極に接して設けられた第１の層１４０とを有している。

［００３２］

有機ＥＬデバイス１３０は、有機化合物を発光物質として、電極間に電流を流すことにより発光するＥＬデバイスである。また、本発明の一態様における有機ＥＬデバイスは、７５０ｎｍ以上１００ｎｍ以下の波長範囲に発光スペクトルのピークを有する発光を呈する。

［００３３］

絶縁表面１００は、ガラスや石英などの基板の表面であっても良いし、トランジスタなど、その他の素子が形成された上に設けられた絶縁膜の表面であっても良い。なお、有機ＥＬデバイス１３０が有する電極は、絶縁表面１００上に設けられた配線や、絶縁表面１００の一部に設けられた導電層を介してトランジスタや他の素子と電気的に接続されているものとする。

［００３４］

第１の層１４０は、有機化合物を含む層である。また、第１の層１４０はその消衰係数ｋが可視光領域において極大値を有する層である。有機化合物を含む層である第１の層１４０を形成することによって、有機ＥＬデバイス１３０の電極と外部雰囲気との間の屈折率ｎの段差を小さくすることができ、取り出し効率が向上する。また、第１の層１４０が可視光領域に消衰係数ｋの極大値を有することによって、可視光領域に吸収を有するため、発光デバイス１５０から放射される光のうち可視光領域の発光が低減し、視認されにくい近赤外光の光源とすることができる。さらに、上記第１の層１４０を蒸着可能な有機化合物によって構成することで、第１の層１４０を蒸着によって作製することも可能となる。これにより、有機ＥＬデバイス１３０の蒸着工程と分離することなく第１の層１４０を製造することが可能となるため、取り出し効率の向上された発光デバイスを簡便安価に製造することが可能となる。

［００３５］

なお、第１の層１４０の可視光領域における消衰係数ｋの最大値は、０．０５以上であることが好ましく、０．２以上であることがより好ましい。

［００３６］

また、第１の層１４０の屈折率ｎは、有機ＥＬデバイス１３０の発光スペクトルにおけるピーク波

長においてより高いことが好ましく、１．９以上であることが好ましい。

［００３７］

このような第１の層１４０を形成するための有機化合物としては、銅フタロシアニン（略称：ＣｕＰｃ）などのフタロシアニン系材料、５，１０，１５，２０－テトラフェニルビスベンゾ［５，６］インデノ［１，２，３－ｃｄ：１’，２’，３’－ｌｍ］ペリレン（略称：ＤＢＰ）、３，４，９，１０－ペリレンテトラカルボキシル－ビス－ベンゾイミダゾール（略称：ＰＴＣＢＩ）などのペリレン誘導体、Ｃ６０、Ｃ７０などのフラーレン系材料およびピレンなど四環以上の縮合芳香族炭化水素などを好適に用いることができる。

［００３８］

有機ＥＬデバイス１３０は、図１Ｂに示したように、陽極１０１、陰極１０２およびＥＬ層１０３を有している。ＥＬ層１０３は有機化合物を発光材料とする発光層１１３を有しており、７５０ｎｍ以上１０００ｎｍ以下の波長範囲に発光スペクトルのピークを有する光を発する。

［００３９］

陽極１０１および陰極１０２のいずれか一方は、ＥＬ層１０３が発する光のピーク波長において透過性を有する電極である。上記第１の層１４０は、当該透過性を有する電極のＥＬ層１０３に対する面と反対の面に接して設けられる。

［００４０］

また、上記透過性を有する電極は、同時にＥＬ層１０３が発する光のピーク波長に対して反射性も有する半透過半反射電極であることが好ましい。なお、陽極１０１および陰極１０２のうち、当該透過性を有する電極ではない方の電極は、ＥＬ層１０３が発する光のピーク波長に対して反射性を有する電極であることが好ましい。この構成を有することによって、発光層１１３から発した光が陽極１０１と陰極１０２との間で反射する微小共振構造（マイクロキャビティ構造）を作製することができ、有機ＥＬデバイス１３０における光路長を適切に調節することによって、発光スペクトルの半値幅を狭くすることができ、また目的の波長の光の強度を高めることができるようになる。

［００４１］

なお、反射電極は、ＥＬ層１０３が発する光のピーク波長の反射率が４０％乃至１００％、好ましくは７０％乃至１００％であり、かつその抵抗率が$1\times10^{-2}\Omega$ｃｍ以下の膜であるとする。また、微小共振構造（マイクロキャビティ構造）を作製する場合、半透過半反射電極は、ＥＬ層１０３が発する光のピーク波長の反射率が２０％乃至８０％、好ましくは４０％乃至７０％であり、かつその抵抗率が$1\times10^{-2}\Omega$ｃｍ以下の膜であるとする。

［００４２］

当該発光デバイスは、透明導電膜や上述の複合材料、キャリア輸送材料などの厚みを変えることで反射電極と半透過半反射電極の間の光学的距離（有機ＥＬデバイス１３０における光路長）を変えることができる。これにより、反射電極と半透過半反射電極との間において、共振する波長の光を強め、共振しない波長の光を減衰させることができる。

［００４３］

なお、反射電極によって反射されて戻ってきた光（第１の反射光）は、発光層１１３から半透過半反射電極に直接入射する光（第１の入射光）と大きな干渉を起こすため、反射電極と発光層の光学的距離を（２ｎ－１）λ／４（ただし、ｎは１以上の自然数、λ は増幅したい発光の波長）に調節することが好ましい。当該光学的距離を調節することにより、第１の反射光と第１の入射光との位

相を合わせ発光層からの発光をより増幅させることができる。

［００４４］

なお、上記構成においてＥＬ層は、複数の発光層を有する構造であっても、単一の発光層を有する構造であっても良く、例えば、後述のタンデム型発光デバイスの構成と組み合わせて、一つの発光デバイスに電荷発生層を挟んで複数のＥＬ層を設け、それぞれのＥＬ層に単数もしくは複数の発光層を形成する構成に適用してもよい。

［００４５］

続いて、有機ＥＬデバイス１３０について図１Ｂおよび図１Ｃを用いて説明する。図１Ｂ、図１Ｃにおいては、陽極１０１を下に、陰極１０２を上に、下から正孔注入層、正孔輸送層、発光層、電子輸送層、電子注入層の順に図示しているが、これらの積層順は上下逆であっても構わない。また、透過性を有する電極も、陽極１０１、陰極１０２どちらであっても構わない。

［００４６］

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

［００４７］

続いて、上述の発光デバイスの詳細な構造や材料の例について説明する。本発明の一態様の発光デバイスは、上述のように陽極１０１と陰極１０２の一対の電極間に複数の層からなるＥＬ層１０３を有している。

［００４８］

陽極１０１は、仕事関数の大きい（具体的には４．０ｅＶ以上）金属、合金、導電性化合物、およびこれらの混合物などを用いて形成することが好ましい。具体的には、例えば、酸化インジウム－酸化スズ（ＩＴＯ：Ｉｎｄｉｕｍ　Ｔｉｎ　Ｏｘｉｄｅ）、ケイ素若しくは酸化ケイ素を含有した酸化インジウム－酸化スズ、酸化インジウム－酸化亜鉛、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム（ＩＷＺＯ）等が挙げられる。これらの導電性金属酸化物膜は、通常スパッタリング法により成膜されるが、ゾルーゲル法などを応用して作製しても構わない。作製方法の例としては、酸化インジウム－酸化亜鉛は、酸化インジウムに対し１～２０ｗｔ％の酸化亜鉛を加えたターゲットを用いてスパッタリング法により形成する方法などがある。また、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム（ＩＷＺＯ）は、酸化インジウムに対し酸化タングステンを０．５～５ｗｔ％、酸化亜鉛を０．１～１ｗｔ％含有したターゲットを用いてスパッタリング法により形成することもできる。この他、金（Ａｕ）、白金（Ｐｔ）、ニッケル（Ｎｉ）、タングステン（Ｗ）、クロム（Ｃｒ）、モリブデン（Ｍｏ）、鉄（Ｆｅ）、コバルト（Ｃｏ）、銅（Ｃｕ）、パラジウム（Ｐｄ）、または金属材料の窒化物（例えば、窒化チタン）等が挙げられる。グラフェンも用いることができる。なお、後述する複合材料をＥＬ層１０３における陽極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。

［００４９］

ＥＬ層１０３は積層構造を有していることが好ましいが、当該積層構造については特に限定はなく、正孔注入層、正孔輸送層、発光層、電子輸送層、電子注入層、キャリアブロック層、励起子ブロック層、電荷発生層など、様々な層構造を適用することができる。本実施の形態では、図１Ｂに示す

ように、正孔注入層１１１、正孔輸送層１１２、発光層１１３に加えて、電子輸送層１１４及び電子注入層１１５を有する構成について説明する。各層を構成する材料について以下に具体的に示す。

［００５０］

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

［００５１］

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：F_4－ＴＣＮＱ）、クロラニル、２，３，６，７，１０，１１－ヘキサシアノ－１，４，５，８，９，１２－ヘキサアザトリフェニレン（略称：ＨＡＴ－ＣＮ）、１，３，４，５，７，８－ヘキサフルオロテトラシアノ－ナフトキノジメタン（略称：Ｆ６－ＴＣＮＮＱ）、２－（７－ジシアノメチレン－１，３，４，５，６，８，９，１０－オクタフルオロ－７Ｈ－ピレン－２－イリデン）マロノニトリル等を挙げることができる。特に、ＨＡＴ－ＣＮのように複素原子を複数有する縮合芳香環に電子吸引基が結合している化合物が、熱的に安定であり好ましい。また、電子吸引基（特にフルオロ基のようなハロゲン基やシアノ基）を有する［３］ラジアレン誘導体は、電子受容性が非常に高いため好ましく、具体的には α，α’，α’’－１，２，３－シクロプロパントリイリデントリス［４－シアノ－２，３，５，６－テトラフルオロベンゼンアセトニトリル］、α，α’，α’’－１，２，３－シクロプロパントリイリデントリス［２，６－ジクロロ－３，５－ジフルオロ－４－（トリフルオロメチル）ベンゼンアセトニトリル］、α，α’，α’’－１，２，３－シクロプロパントリイリデントリス［２，３，４，５，６－ペンタフルオロベンゼンアセトニトリル］などが挙げられる。アクセプタ性を有する物質としては以上で述べた有機化合物以外にも、モリブデン酸化物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、マンガン酸化物等を用いることができる。この他、フタロシアニン（略称：H_2Ｐｃ）や銅フタロシアニン（ＣｕＰｃ）等のフタロシアニン系の錯体化合物、４，４’－ビス［Ｎ－（４－ジフェニルアミノフェニル）－Ｎ－フェニルアミノ］ビフェニル（略称：ＤＰＡＢ）、Ｎ，Ｎ’－ビス｛４－［ビス（３－メチルフェニル）アミノ］フェニル｝－Ｎ，Ｎ’－ジフェニル－（１，１’－ビフェニル）－４，４’－ジアミン（略称：ＤＮＴＰＤ）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）等の高分子等によっても正孔注入層１１１を形成することができる。アクセプタ性を有する物質は、隣接する正孔輸送層（あるいは正孔輸送材料）から、電界の印加により電子を引き抜くことができる。

［００５２］

また、正孔注入層１１１として、正孔輸送性を有する材料に上記アクセプタ性物質を含有させた複合材料を用いることもできる。なお、正孔輸送性を有する材料にアクセプタ性物質を含有させた複合材料を用いることにより、仕事関数に依らず電極を形成する材料を選ぶことができる。つまり、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。

［００５３］

複合材料に用いる正孔輸送性を有する材料としては、芳香族アミン化合物、カルバゾール誘導体、芳香族炭化水素、高分子化合物（オリゴマー、デンドリマー、ポリマー等）など、種々の有機化合物を用いることができる。なお、複合材料に用いる正孔輸送性を有する材料としては、１×１０^{-6}

ｃｍ^2／Ｖｓ以上の正孔移動度を有する物質であることが好ましい。以下では、複合材料における正孔輸送性を有する材料として用いることのできる有機化合物を具体的に列挙する。

［００５４］

複合材料に用いることのできる芳香族アミン化合物としては、Ｎ，Ｎ’－ジ（ｐ－トリル）－Ｎ，Ｎ’－ジフェニル－ｐ－フェニレンジアミン（略称：ＤＴＤＰＰＡ）、４，４’－ビス［Ｎ－（４－ジフェニルアミノフェニル）－Ｎ－フェニルアミノ］ビフェニル（略称：ＤＰＡＢ）、Ｎ，Ｎ’－ビス｛４－［ビス（３－メチルフェニル）アミノ］フェニル｝－Ｎ，Ｎ’－ジフェニル－（１，１’－ビフェニル）－４，４’－ジアミン（略称：ＤＮＴＰＤ）、１，３，５－トリス［Ｎ－（４－ジフェニルアミノフェニル）－Ｎ－フェニルアミノ］ベンゼン（略称：ＤＰＡ３Ｂ）等を挙げることができる。カルバゾール誘導体としては、具体的には、３－［Ｎ－（９－フェニルカルバゾール－３－イル）－Ｎ－フェニルアミノ］－９－フェニルカルバゾール（略称：ＰＣｚＰＣＡ１）、３，６－ビス［Ｎ－（９－フェニルカルバゾール－３－イル）－Ｎ－フェニルアミノ］－９－フェニルカルバゾール（略称：ＰＣｚＰＣＡ２）、３－［Ｎ－（１－ナフチル）－Ｎ－（９－フェニルカルバゾール－３－イル）アミノ］－９－フェニルカルバゾール（略称：ＰＣｚＰＣＮ１）、４，４’－ジ（Ｎ－カルバゾリル）ビフェニル（略称：ＣＢＰ）、１，３，５－トリス［４－（Ｎ－カルバゾリル）フェニル］ベンゼン（略称：ＴＣＰＢ）、９－［４－（Ｎ－カルバゾリル）］フェニル－１０－フェニルアントラセン（略称：ＣｚＰＡ）、１，４－ビス［４－（Ｎ－カルバゾリル）フェニル］－２，３，５，６－テトラフェニルベンゼン等を用いることができる。芳香族炭化水素としては、例えば、２－ｔｅｒｔ－ブチル－９，１０－ジ（２－ナフチル）アントラセン（略称：ｔ－ＢｕＤＮＡ）、２－ｔｅｒｔ－ブチル－９，１０－ジ（１－ナフチル）アントラセン、９，１０－ビス（３，５－ジフェニルフェニル）アントラセン（略称：ＤＰＰＡ）、２－ｔｅｒｔ－ブチル－９，１０－ビス（４－フェニルフェニル）アントラセン（略称：ｔ－ＢｕＤＢＡ）、９，１０－ジ（２－ナフチル）アントラセン（略称：ＤＮＡ）、９，１０－ジフェニルアントラセン（略称：ＤＰＡｎｔｈ）、２－ｔｅｒｔ－ブチルアントラセン（略称：ｔ－ＢｕＡｎｔｈ）、９，１０－ビス（４－メチル－１－ナフチル）アントラセン（略称：ＤＭＮＡ）、２－ｔｅｒｔ－ブチル－９，１０－ビス［２－（１－ナフチル）フェニル］アントラセン、９，１０－ビス［２－（１－ナフチル）フェニル］アントラセン、２，３，６，７－テトラメチル－９，１０－ジ（１－ナフチル）アントラセン、２，３，６，７－テトラメチル－９，１０－ジ（２－ナフチル）アントラセン、９，９’－ビアントリル、１０，１０’－ジフェニル－９，９’－ビアントリル、１０，１０’－ビス（２－フェニルフェニル）－９，９’－ビアントリル、１０，１０’－ビス［（２，３，４，５，６－ペンタフェニル）フェニル］－９，９’－ビアントリル、アントラセン、テトラセン、ルブレン、ペリレン、２，５，８，１１－テトラ（ｔｅｒｔ－ブチル）ペリレン等が挙げられる。また、この他、ペンタセン、コロネン等も用いることができる。ビニル骨格を有していてもよい。ビニル基を有している芳香族炭化水素としては、例えば、４，４’－ビス（２，２－ジフェニルビニル）ビフェニル（略称：ＤＰＶＢｉ）、９，１０－ビス［４－（２，２－ジフェニルビニル）フェニル］アントラセン（略称：ＤＰＶＰＡ）等が挙げられる。

［００５５］

また、ポリ（Ｎ－ビニルカルバゾール）（略称：ＰＶＫ）やポリ（４－ビニルトリフェニルアミン）（略称：ＰＶＴＰＡ）、ポリ［Ｎ－（４－｛Ｎ’－［４－（４－ジフェニルアミノ）フェニル］フェニル－Ｎ’－フェニルアミノ｝フェニル）メタクリルアミド］（略称：ＰＴＰＤＭＡ）、ポリ

［Ｎ，Ｎ’－ビス（４－ブチルフェニル）－Ｎ，Ｎ’－ビス（フェニル）ベンジジン］（略称：Ｐｏｌｙ－ＴＰＤ）等の高分子化合物を用いることもできる。

［００５６］

複合材料に用いられる正孔輸送性を有する材料としては、カルバゾール骨格、ジベンゾフラン骨格、ジベンゾチオフェン骨格およびアントラセン骨格のいずれかを有していることがより好ましい。特に、ジベンゾフラン環またはジベンゾチオフェン環を含む置換基を有する芳香族アミン、ナフタレン環を有する芳香族モノアミン、または９－フルオレニル基がアリーレン基を介してアミンの窒素に結合する芳香族モノアミンであっても良い。なお、これら第２の有機化合物が、Ｎ，Ｎ－ビス（４－ビフェニル）アミノ基を有する物質であると、寿命の良好な発光デバイスを作製することができるため好ましい。以上のような第２の有機化合物としては、具体的には、Ｎ－（４－ビフェニル）－６，Ｎ－ジフェニルベンゾ［ｂ］ナフト［１，２－ｄ］フラン－８－アミン（略称：ＢｎｆＡＢＰ）、Ｎ，Ｎ－ビス（４－ビフェニル）－６－フェニルベンゾ［ｂ］ナフト［１，２－ｄ］フラン－８－アミン（略称：ＢＢＡＢｎｆ）、４，４’－ビス（６－フェニルベンゾ［ｂ］ナフト［１，２－ｄ］フラン－８－イル）－４’’－フェニルトリフェニルアミン（略称：ＢｎｆＢＢ１ＢＰ）、Ｎ，Ｎ－ビス（４－ビフェニル）ベンゾ［ｂ］ナフト［１，２－ｄ］フラン－６－アミン（略称：ＢＢＡＢｎｆ（６））、Ｎ，Ｎ－ビス（４－ビフェニル）ベンゾ［ｂ］ナフト［１，２－ｄ］フラン－８－アミン（略称：ＢＢＡＢｎｆ（８））、Ｎ，Ｎ－ビス（４－ビフェニル）ベンゾ［ｂ］ナフト［２，３－ｄ］フラン－４－アミン（略称：ＢＢＡＢｎｆ（ＩＩ）（４））、Ｎ，Ｎ－ビス［４－（ジベンゾフラン－４－イル）フェニル］－４－アミノ－ｐ－ターフェニル（略称：ＤＢｆＢＢ１ＴＰ）、Ｎ－［４－（ジベンゾチオフェン－４－イル）フェニル］－Ｎ－フェニル－４－ビフェニルアミン（略称：ＴｈＢＡ１ＢＰ）、４－（２－ナフチル）－４’，４’’－ジフェニルトリフェニルアミン（略称：ＢＢＡβＮＢ）、４－［４－（２－ナフチル）フェニル］－４’，４’’－ジフェニルトリフェニルアミン（略称：ＢＢＡβＮＢｉ）、４，４’－ジフェニル－４’’－（６；１’－ビナフチル－２－イル）トリフェニルアミン（略称：ＢＢＡαＮβＮＢ）、４，４’－ジフェニル－４’’－（７；１’－ビナフチル－２－イル）トリフェニルアミン（略称：ＢＢＡαＮβＮＢ－０３）、４，４’－ジフェニル－４’’－（７－フェニル）ナフチル－２－イルトリフェニルアミン（略称：ＢＢＡＰβＮＢ－０３）、４，４’－ジフェニル－４’’－（６；２’－ビナフチル－２－イル）トリフェニルアミン（略称：ＢＢＡ（βＮ２）Ｂ）、４，４’－ジフェニル－４’’－（７；２’－ビナフチル－２－イル）トリフェニルアミン（略称：ＢＢＡ（βＮ２）Ｂ－０３）、４，４’－ジフェニル－４’’－（４；２’－ビナフチル－１－イル）トリフェニルアミン（略称：ＢＢＡβＮαＮＢ）、４，４’－ジフェニル－４’’－（５；２’－ビナフチル－１－イル）トリフェニルアミン（略称：ＢＢＡβＮαＮＢ－０２）、４－（４－ビフェニリル）－４’－（２－ナフチル）－４’’－フェニルトリフェニルアミン（略称：ＴＰＢｉＡβＮＢ）、４－（３－ビフェニリル）－４’－［４－（２－ナフチル）フェニル］－４’’－フェニルトリフェニルアミン（略称：ｍＴＰＢｉＡβＮＢｉ）、４－（４－ビフェニリル）－４’－［４－（２－ナフチル）フェニル］－４’’－フェニルトリフェニルアミン（略称：ＴＰＢｉＡβＮＢｉ）、４－フェニル－４’－（１－ナフチル）トリフェニルアミン（略称：αＮＢＡ１ＢＰ）、４，４’－ビス（１－ナフチル）トリフェニルアミン（略称：αＮＢＢ１ＢＰ）、４，４’－ジフェニル－４’’－［４’－（カルバゾール－９－イル）ビフェニル－４－イル］トリフェニルアミン（略称：ＹＧＴＢｉ１ＢＰ）、４’－［４－（３－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－９－イル）フェニル］トリ

ス（１，１’－ビフェニル－４－イル）アミン（略称：ＹＧＴＢｉ１ＢＰ－０２）、４－ジフェニル－４’－（２－ナフチル）－４’’－｛９－（４－ビフェニリル）カルバゾール）｝トリフェニルアミン（略称：ＹＧＴＢｉβＮＢ）、Ｎ－［４－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）フェニル］　－Ｎ－［４－（１－ナフチル）フェニル］－９，９’－スピロビ（９Ｈ－フルオレン）－２－アミン（略称：ＰＣＢＮＢＳＦ）、Ｎ，Ｎ－ビス（４－ビフェニリル）－９，９’－スピロビ［９Ｈ－フルオレン］－２－アミン（略称：ＢＢＡＳＦ）、Ｎ，Ｎ－ビス（１，１’－ビフェニル－４－イル）－９，９’－スピロビ［９Ｈ－フルオレン］－４－アミン（略称：ＢＢＡＳＦ（４））、Ｎ－（１，１’－ビフェニル－２－イル）－Ｎ－（９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２－イル）－９，９’－スピロビ（９Ｈ－フルオレン）－４－アミン（略称：ｏＦＢｉＳＦ）、Ｎ－（４－ビフェニル）－Ｎ－（ジベンゾフラン－４－イル）－９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２－アミン（略称：ＦｒＢｉＦ）、Ｎ－［４－（１－ナフチル）フェニル］－Ｎ－［３－（６－フェニルジベンゾフラン－４－イル）フェニル］－１－ナフチルアミン（略称：ｍＰＤＢｆＢＮＢＮ）、４－フェニル－４’－（９－フェニルフルオレン－９－イル）トリフェニルアミン（略称：ＢＰＡＦＬＰ）、４－フェニル－３’－（９－フェニルフルオレン－９－イル）トリフェニルアミン（略称：ｍＢＰＡＦＬＰ）、４－フェニル－４’－［４－（９－フェニルフルオレン－９－イル）フェニル］トリフェニルアミン（略称：ＢＰＡＦＬＢｉ）、４－フェニル－４’－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）トリフェニルアミン（略称：ＰＣＢＡ１ＢＰ）、４，４’－ジフェニル－４’’－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）トリフェニルアミン（略称：ＰＣＢＢｉ１ＢＰ）、４－（１－ナフチル）－４’－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）トリフェニルアミン（略称：ＰＣＢＡＮＢ）、４，４’－ジ（１－ナフチル）－４’’－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）トリフェニルアミン（略称：ＰＣＢＮＢＢ）、Ｎ－フェニル－Ｎ－［４－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）フェニル］スピロ－９，９’－ビフルオレン－２－アミン（略称：ＰＣＢＡＳＦ）、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）、Ｎ，Ｎ－ビス（９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２－イル）－９，９’－スピロビ－９Ｈ－フルオレン－４－アミン、Ｎ，Ｎ－ビス（９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２－イル）－９，９’－スピロビ－９Ｈ－フルオレン－３－アミン、Ｎ，Ｎ－ビス（９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２－イル）－９，９’－スピロビ－９Ｈ－フルオレン－２－アミン、Ｎ，Ｎ－ビス（９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２－イル）－９，９’－スピロビ－９Ｈ－フルオレン－１－アミン等を挙げることができる。

［００５７］

なお、複合材料に用いられる正孔輸送性を有する材料はそのＨＯＭＯ準位が－５．７ｅＶ以上－５．４ｅＶ以下の比較的深いＨＯＭＯ準位を有する物質であることがさらに好ましい。複合材料に用いられる正孔輸送性を有する材料が比較的深いＨＯＭＯ準位を有することによって、正孔輸送層１１２への正孔の注入が容易となり、また、寿命の良好な発光デバイスを得ることが容易となる。

［００５８］

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

バイスの外部量子効率の向上させることができる。

［００５９］

正孔注入層１１１を形成することによって、正孔の注入性が良好となり、駆動電圧の小さい発光デバイスを得ることができる。また、アクセプタ性を有する有機化合物は上記金属および金属のフッ化物と比較して蒸着が容易で成膜がしやすいため、用いやすい材料である。このような有機化合物としては、Ｎ，Ｎ－ビス（４－シクロヘキシルフェニル）－Ｎ－（９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２イル）アミン（略称：ｄｃｈＰＡＦ）、Ｎ－（４－シクロヘキシルフェニル）－Ｎ－（４’－シクロヘキシル－１，１’－ビフェニル－４－イル）－Ｎ－（９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２イル）アミン（略称：ｃｈＢｉｃｈＰＡＦ）、Ｎ，Ｎ－ビス（４－シクロヘキシルフェニル）－Ｎ－（スピロ［シクロヘキサン－１，９’［９Ｈ］フルオレン］－２’－イル）アミン（略称：ｄｃｈＰＡＳｃｈＦ）、Ｎ－［（４’－シクロヘキシル）－１，１’－ビフェニル－４－イル］－Ｎ－（４－シクロヘキシルフェニル）－Ｎ－（スピロ［シクロヘキサン－１，９’－［９Ｈ］－フルオレン］－２’－イル）－アミン（略称：ｃｈＢｉｃｈＰＡＳｃｈＦ）、Ｎ－（４－シクロヘキシルフェニル）－Ｎ，Ｎ－ビス（スピロ［シクロヘキサン－１，９’－［９Ｈ］－フルオレン－２’－イル］アミン（略称：ＳｃｈＦＢ１ｃｈＰ）、Ｎ－（４－シクロヘキシルフェニル）－Ｎ－（３’’，５’’－ジターシャリーブチル－１，１’’－ビフェニル－４－イル）－Ｎ－（９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２イル）アミン（略称：ｍｍｔＢｕＢｉｃｈＰＡＦ）、Ｎ，Ｎ－ビス（３’，５’－ジターシャリーブチル－１，１’－ビフェニル－４－イル）－Ｎ－（９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２－イル）アミン（略称：ｄｍｍｔＢｕＢｉＡＦ）、Ｎ－（３’，５’－ジターシャリーブチル－１，１’－ビフェニル－４－イル）－Ｎ－（３，５－ジターシャリーブチルベンゼン－１－イル）－Ｎ－（９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２－イル）アミン（略称：ｍｍｔＢｕＢｉｍｍｔＢｕＰＡＦ）、Ｎ，Ｎ－ビス（４－シクロヘキシルフェニル）－Ｎ－（９，９－ジプロピル－９Ｈ－フルオレン－２－イル）アミン（略称：ｄｃｈＰＡＰｒＦ）、Ｎ－［（３’，５’－ジシクロヘキシル）－１，１’－ビフェニル－４－イル］－Ｎ－（４－シクロヘキシルフェニル）－９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２－アミン（略称：ｍｍｃｈＢｉｃｈＰＡＦ）、Ｎ－（３，３’’，５，５’’－テトラ－ｔ－ブチル－１，１’：３’，１’’－ターフェニル－５’－イル）－Ｎ－（４－シクロヘキシルフェニル）－９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２－アミン（略称：ｍｍｔＢｕｍＴＰｃｈＰＡＦ）およびＮ－（４－シクロドデシルフェニル）－Ｎ－（４－シクロヘキシルフェニル）－９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２－アミン（略称：ＣｄｏＰｃｈＰＡＦ）などの他、１，１－ビス－（４－ビス（４－メチル－フェニル）－アミノ－フェニル）－シクロヘキサン（略称：ＴＡＰＣ）、４，４’－（１，１－シクロヘキサンージイル）ビス［Ｎ，Ｎ－ビス（４－シクロヘキシルベンゼン－１－イル）アミノベンゼン］（略称：ＴＡＰＣ－０２）、４，４’－（１，１－シクロヘキサンージイル）ビス｛Ｎ－（４－シクロヘキシルフェニル）Ｎ－［（４´－シクロヘキシル）－１，１’－ビフェニ－４－イル］アミノベンゼン｝（略称：ＴＡＰＣ－０３）などを用いることができる。

［００６０］

正孔輸送層１１２は、正孔輸送性を有する材料を含んで形成される。正孔輸送性を有する材料としては、１×１０^{-6}ｃｍ^{2}／Ｖｓ以上の正孔移動度を有していることが好ましい。上記正孔輸送性を有する材料としては、４，４’－ビス［Ｎ－（１－ナフチル）－Ｎ－フェニルアミノ］ビフェニル（略称：ＮＰＢ）、Ｎ，Ｎ’－ビス（３－メチルフェニル）－Ｎ，Ｎ’－ジフェニル－［１，１’

－ビフェニル］－４，４’－ジアミン（略称：ＴＰＤ）、４，４’－ビス［Ｎ－（スピロ－９，９’－ビフルオレン－２－イル）－Ｎ－フェニルアミノ］ビフェニル（略称：ＢＳＰＢ）、４－フェニル－４’－（９－フェニルフルオレン－９－イル）トリフェニルアミン（略称：ＢＰＡＦＬＰ）、４－フェニル－３’－（９－フェニルフルオレン－９－イル）トリフェニルアミン（略称：ｍＢＰＡＦＬＰ）、４－フェニル－４’－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）トリフェニルアミン（略称：ＰＣＢＡ１ＢＰ）、４，４’－ジフェニル－４’’－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）トリフェニルアミン（略称：ＰＣＢＢｉ１ＢＰ）、４－（１－ナフチル）－４’－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）トリフェニルアミン（略称：ＰＣＢＡＮＢ）、４，４’－ジ（１－ナフチル）－４’’－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）トリフェニルアミン（略称：ＰＣＢＮＢＢ）、９，９－ジメチル－Ｎ－フェニル－Ｎ－［４－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）フェニル］フルオレン－２－アミン（略称：ＰＣＢＡＦ）、Ｎ－フェニル－Ｎ－［４－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）フェニル］スピロ－９，９’－ビフルオレン－２－アミン（略称：ＰＣＢＡＳＦ）などの芳香族アミン骨格を有する化合物や、１，３－ビス（Ｎ－カルバゾリル）ベンゼン（略称：ｍＣＰ）、４，４’－ジ（Ｎ－カルバゾリル）ビフェニル（略称：ＣＢＰ）、３，６－ビス（３，５－ジフェニルフェニル）－９－フェニルカルバゾール（略称：ＣｚＴＰ）、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や、４，４’，４’’－（ベンゼン－１，３，５－トリイル）トリ（ジベンゾチオフェン）（略称：ＤＢＴ３Ｐ－ＩＩ）、２，８－ジフェニル－４－［４－（９－フェニル－９Ｈ－フルオレン－９－イル）フェニル］ジベンゾチオフェン（略称：ＤＢＴＦＬＰ－ＩＩＩ）、４－［４－（９－フェニル－９Ｈ－フルオレン－９－イル）フェニル］－６－フェニルジベンゾチオフェン（略称：ＤＢＴＦＬＰ－ＩＶ）などのチオフェン骨格を有する化合物や、４，４’，４’’－（ベンゼン－１，３，５－トリイル）トリ（ジベンゾフラン）（略称：ＤＢＦ３Ｐ－ＩＩ）、４－｛３－［３－（９－フェニル－９Ｈ－フルオレン－９－イル）フェニル］フェニル｝ジベンゾフラン（略称：ｍｍＤＢＦＦＬＢｉ－ＩＩ）などのフラン骨格を有する化合物が挙げられる。上述した中でも、芳香族アミン骨格を有する化合物やカルバゾール骨格を有する化合物は、信頼性が良好であり、また、正孔輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与するため好ましい。なお、正孔注入層１１１の複合材料に用いられる正孔輸送性を有する材料として挙げた物質も正孔輸送層１１２を構成する材料として好適に用いることができる。

［００６１］

同様に、正孔注入層１１１の複合材料に用いられる正孔輸送性を有する材料として挙げた低屈折率の材料も用いることができ、正孔輸送層１１２に当該材料を用いることによっても、取り出し効率が向上し、発光効率の高い発光デバイスを提供することが可能となる。

［００６２］

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

［００６３］

発光物質は蛍光発光物質であっても、りん光発光物質であっても、熱活性化遅延蛍光（ＴＡＤＦ）を示す物質であっても、その他の発光物質であっても構わない。但し、本発明の一態様である発光デバイスにおいて、ＥＬ層から、７５０ｎｍ以上１０００ｎｍ以下の波長範囲に発光ピークを有する光を呈する場合には、発光層には、７５０ｎｍ以上１０００ｎｍ以下の波長範囲に発光ピークを

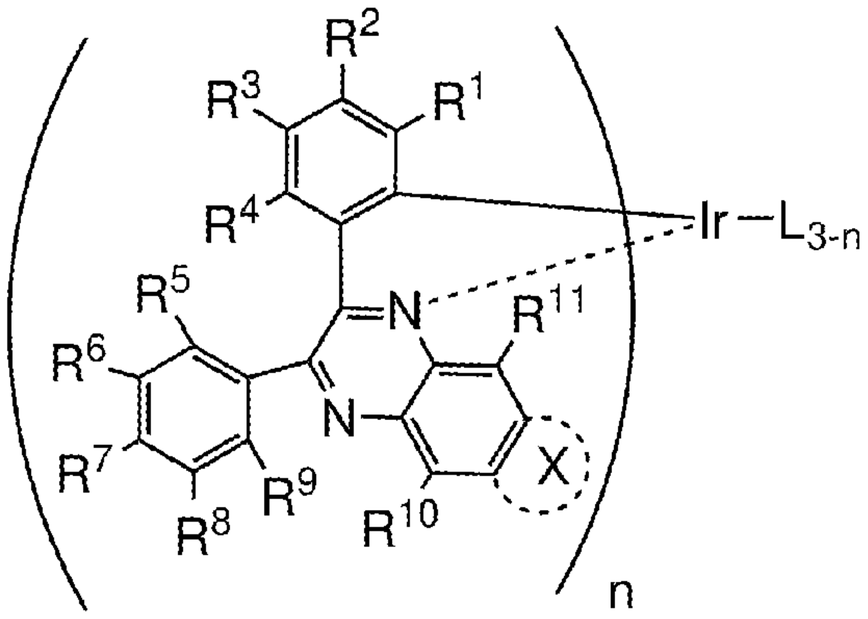
有する有機化合物（有機金属錯体等）を用いることが好ましい。例えば、フタロシアニン化合物（中心金属：アルミニウム、亜鉛等）、ナフタロシアニン化合物、ジオチレン化合物（中心金属：ニッケル）、キノン系化合物、ジイモニウム系化合物、アゾ系化合物等、を用いることもできる。

［００６４］

なお、７５０ｎｍ以上１０００ｎｍ以下の波長範囲に発光ピークを有する有機金属錯体の一例としては、例えば、下記一般式（Ｇ１）で表される有機金属錯体が挙げられる。

［００６５］

［化１］



(G1)

［００６６］

一般式（Ｇ１）中、Ｒ^{1}～Ｒ^{11}は、それぞれ独立に、水素または炭素数１以上６以下のアルキル基を表し、Ｒ^{1}～Ｒ^{4}のうち少なくとも２つは、炭素数１以上６以下のアルキル基を表し、Ｒ^{5}～Ｒ^{9}のうち少なくとも２つは、炭素数１以上６以下のアルキル基を表し、Ｘは、置換または無置換のベンゼン環またはナフタレン環を表し、ｎは２または３であり、Ｌはモノアニオン性の配位子を表す。

［００６７］

一般式（Ｇ１）において、炭素数１以上６以下のアルキル基としては、メチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、ブチル基、ｓｅｃ－ブチル基、イソブチル基、ｔｅｒｔ－ブチル基、ペンチル基、イソペンチル基、ｓｅｃ－ペンチル基、ｔｅｒｔ－ペンチル基、ネオペンチル基、ヘキシル基、イソヘキシル基、３－メチルペンチル基、２－メチルペンチル基、２－エチルブチル基、１，２－ジメチルブチル基、２，３－ジメチルブチル基等が挙げられる。

［００６８］

一般式（Ｇ１）において、ベンゼン環またはナフタレン環が置換基を有する場合、当該置換基としては、炭素数１以上６以下のアルキル基が挙げられる。炭素数１以上６以下のアルキル基としては、上述の記載を援用できる。

［００６９］

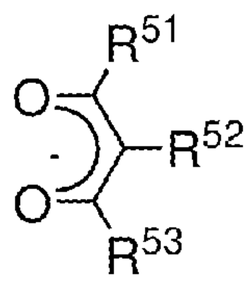
モノアニオン性の配位子としては、β－ジケトン構造を有するモノアニオン性の二座キレート配位子、カルボキシル基を有するモノアニオン性の二座キレート配位子、フェノール性水酸基を有するモノアニオン性の二座キレート配位子、二つの配位元素がいずれも窒素であるモノアニオン性の二座キレート配位子、シクロメタル化によりイリジウムと金属－炭素結合を形成する二座配位子等が挙げられる。

［００７０］

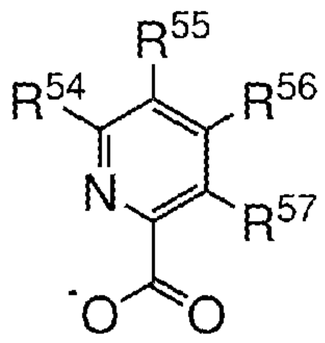
モノアニオン性の配位子は、一般式（Ｌ１）～（Ｌ８）のいずれか一であることが好ましい。

[００７１]

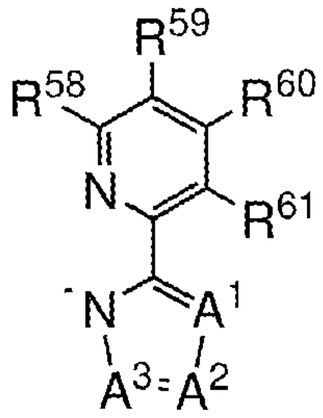
[化２]



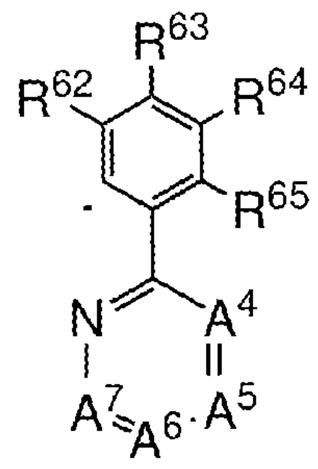
(L1)



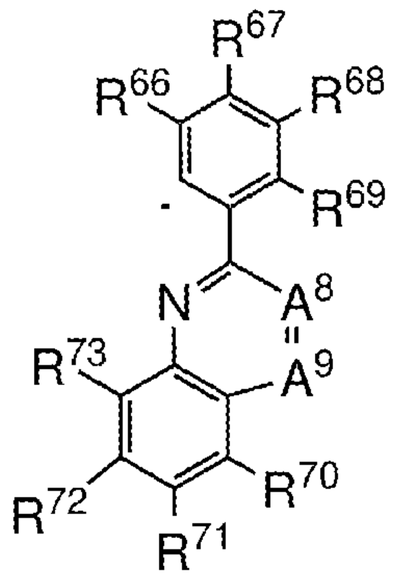
(L2)



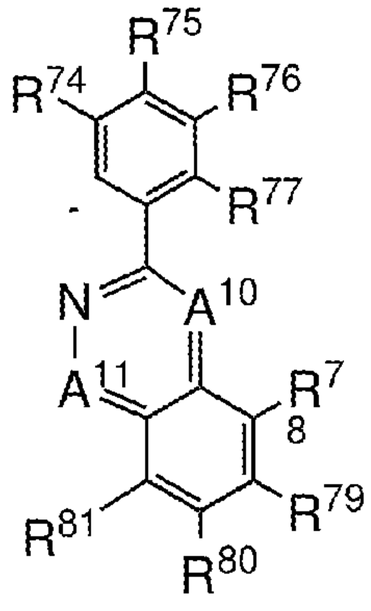
(L3)



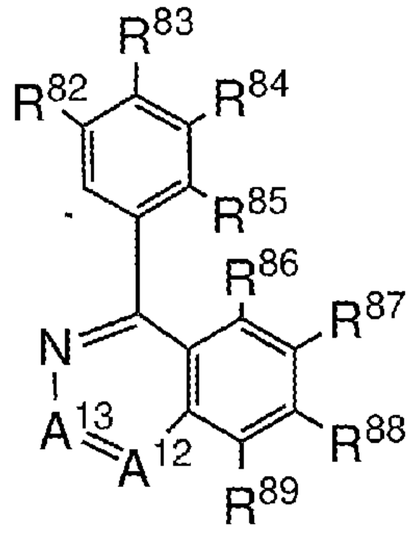
(L4)



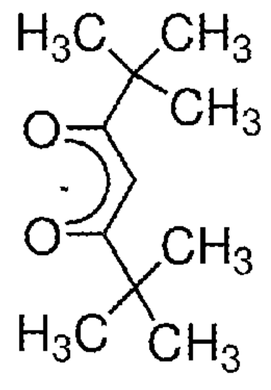
(L5)



(L6)



(L7)



(L8)

[００７２]

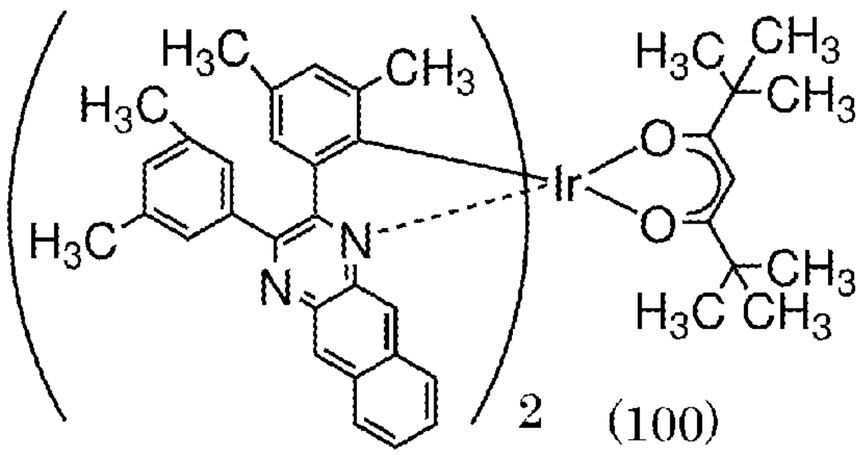
一般式（Ｌ１）～（Ｌ８）中、Ｒ^{51}～Ｒ^{89}は、それぞれ独立に、水素又は置換もしくは無置換の炭素数１～６のアルキル基、ハロゲノ基、ビニル基、置換もしくは無置換の炭素数１～６のハロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数１～６のアルコキシ基、又は置換もしくは無置換の炭素数１～６のアルキルチオ基、置換もしくは無置換の炭素数６～１３のアリール基を表し、Ａ^{1}～Ａ^{13}は、それぞれ独立に、窒素、水素と結合するｓｐ^{2}混成炭素、又は置換基を有するｓｐ^{2}混成炭素を表し、当該置換基は、炭素数１～６のアルキル基、ハロゲノ基、炭素数１～６のハロアルキル基、又はフェニル基のいずれかを表す。

[００７３]

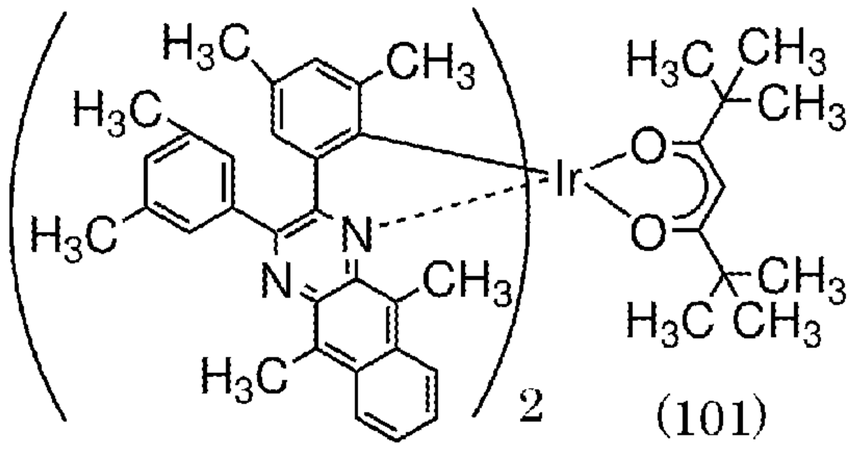
なお、上記一般式（Ｇ１）で表される有機金属錯体の具体例としては、例えば、構造式（１００）～構造式（１０７）に示される有機金属錯体を挙げることができる。ただし、本発明はこれらに限定されない。

[００７４]

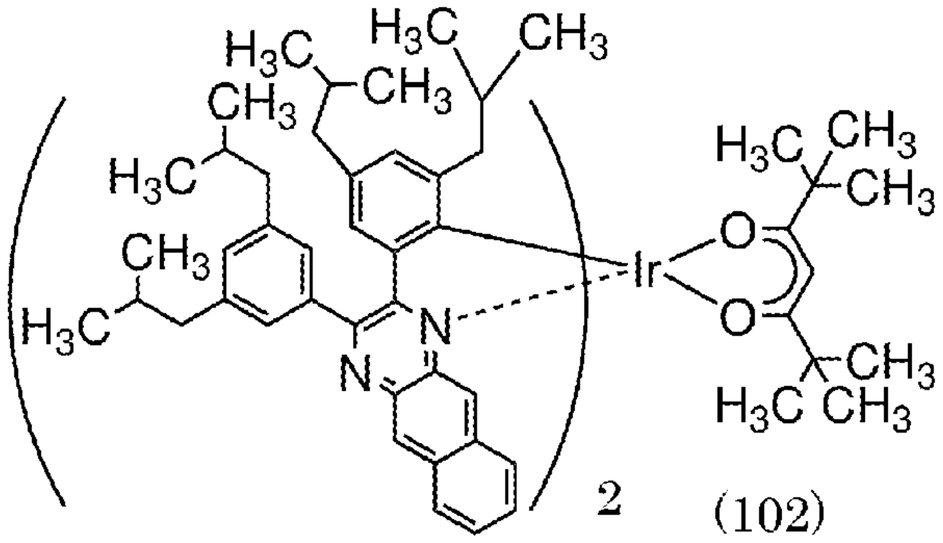
[化３]



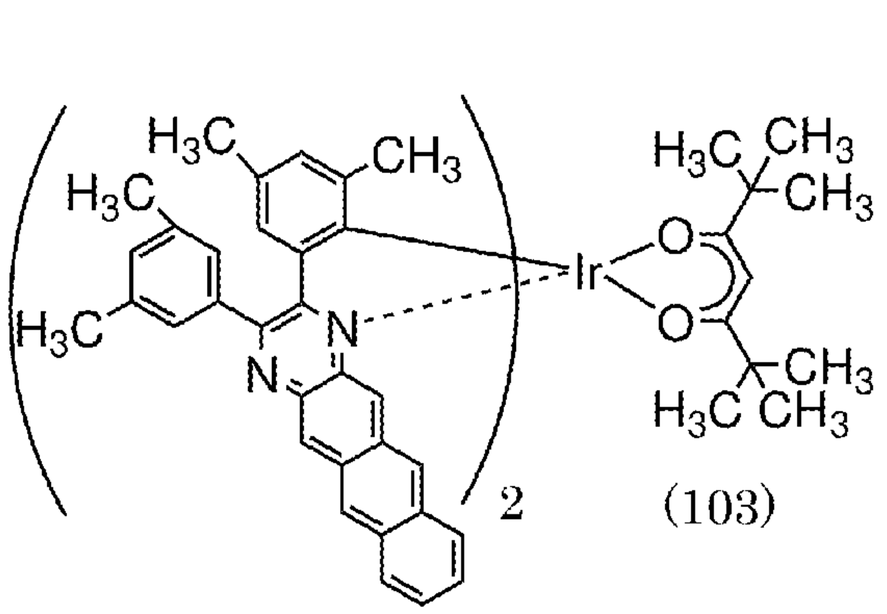
(100)



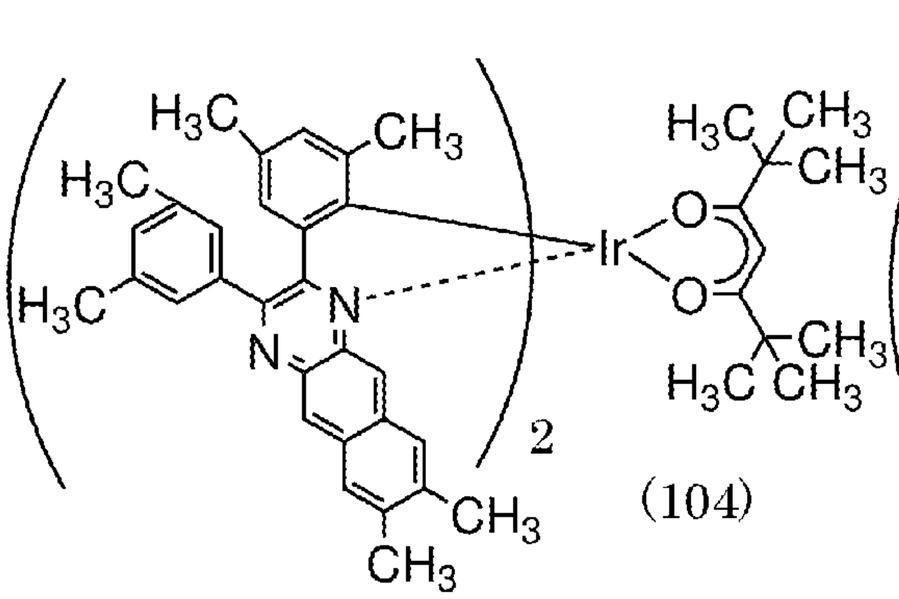
(101)



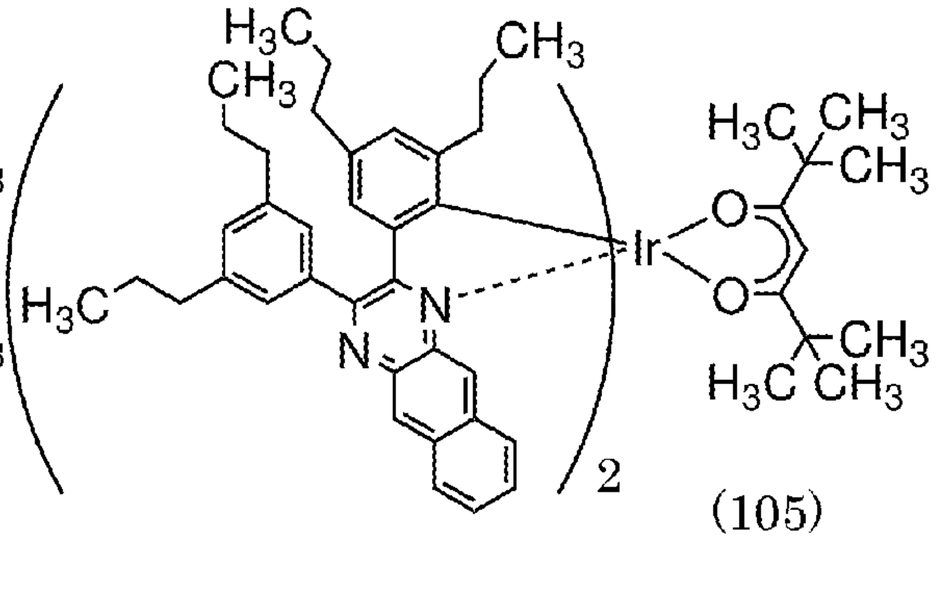
(102)



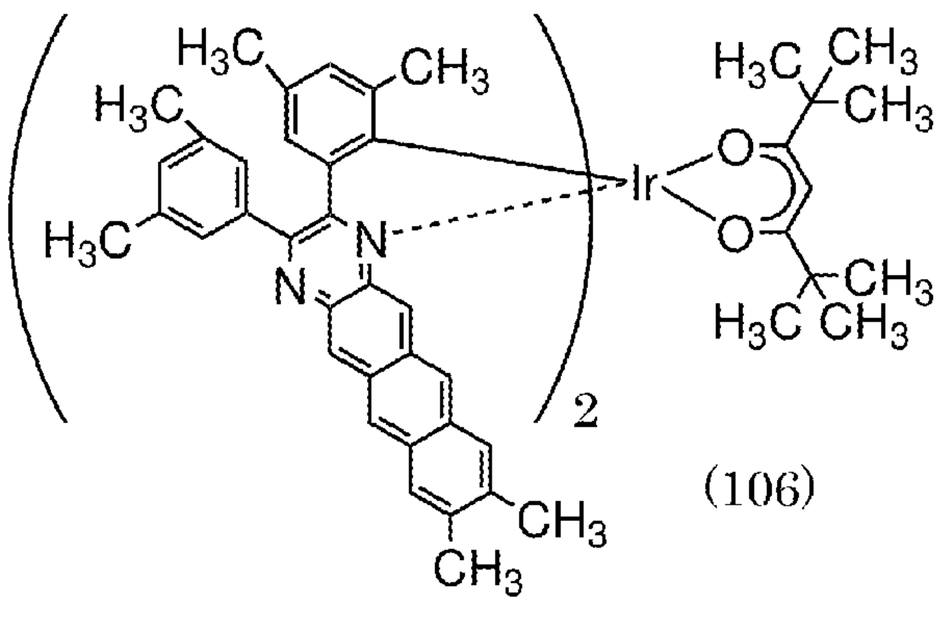
(103)



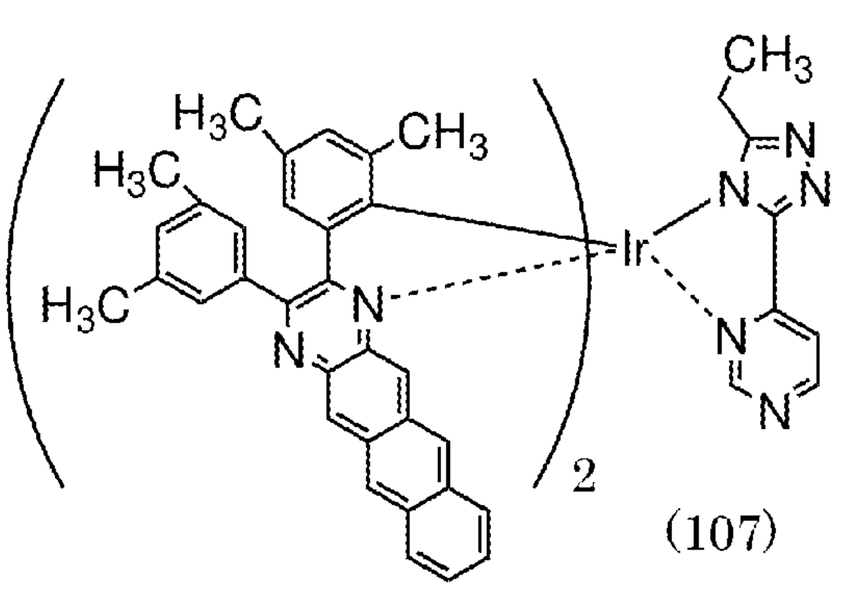
(104)



(105)



(106)



(107)

[００７５]

発光物質として上記有機金属錯体以外の物質を使用する場合、発光層１１３において、蛍光発光物質として用いることが可能な材料としては、例えば、５，６－ビス［４－（１０－フェニル－９－アントリル）フェニル］－２，２’－ビピリジン（略称：ＰＡＰ２ＢＰｙ）、５，６－ビス［４’－（１０－フェニル－９－アントリル）ビフェニル－４－イル］－２，２’－ビピリジン（略称：ＰＡＰＰ２ＢＰｙ）、Ｎ，Ｎ’－ジフェニル－Ｎ，Ｎ’－ビス［４－（９－フェニル－９Ｈ－フルオレン－９－イル）フェニル］ピレン－１，６－ジアミン（略称：１，６ＦＬＰＡＰｒｎ）、Ｎ，Ｎ’－ビス（３－メチルフェニル）－Ｎ，Ｎ’－ビス［３－（９－フェニル－９Ｈ－フルオレン－９－イル）フェニル］ピレン－１，６－ジアミン（略称：１，６ｍＭｅｍＦＬＰＡＰｒｎ）、Ｎ，

Ｎ’－ビス［４－（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５４５Ｔ、Ｎ，Ｎ’－ジフェニルキナクリドン（略称：ＤＰＱｄ）、ルブレン、５，１２－ビス（１，１’－ビフェニル－４－イル）－６，１１－ジフェニルテトラセン（略称：ＢＰＴ）、２－（２－｛２－［４－（ジメチルアミノ）フェニル］エテニル｝－６－メチル－４Ｈ－ピラン－４－イリデン）プロパンジニトリル（略称：ＤＣＭ１）、２－｛２－メチル－６－［２－（２，３，６，７－テトラヒドロ－１Ｈ，５Ｈ－ベンゾ［ｉｊ］キノリジン－９－イル）エテニル］－４Ｈ－ピラン－４－イリデン｝プロパンジニトリル（略称：ＤＣＭ２）、Ｎ，Ｎ，Ｎ’，Ｎ’－テトラキス（４－メチルフェニル）テトラセン－５，１１－ジアミン（略称：ｐ－ｍＰｈＴＤ）、７，１４－ジフェニル－Ｎ，Ｎ，Ｎ’，Ｎ’－テトラキス（４－メチルフェニル）アセナフト［１，２－ａ］フルオランテン－３，１０－ジアミン（略称：ｐ－ｍＰｈＡＦＤ）、２－｛２－イソプロピル－６－［２－（１，１，７，７－テトラメチル－２，３，６，７－テトラヒドロ－１Ｈ，５Ｈ－ベンゾ［ｉｊ］キノリジン－９－イル）エテニル］－４Ｈ－ピラン－４－イリデン｝プロパンジニトリル（略称：ＤＣＪＴＩ）、２－｛２－ｔｅｒｔ－ブチル－６－［２－（１，１，７，７－テトラメチル－２，３，６，７－テトラヒドロ－１Ｈ，５Ｈ－ベンゾ［ｉｊ］キノリジン－９－イル）エテニル］－４Ｈ－ピラン－４－イリデン｝プロパンジニトリル（略称：ＤＣＪＴＢ）、２－（２，６－ビス｛２－［４－（ジメチルアミノ）フェニル］エテニル｝－４Ｈ－ピラン－４－イリデン）プロパンジニトリル（略称：ＢｉｓＤＣＭ）、２－｛２，６－ビ

ス［２－（８－メトキシ－１，１，７，７－テトラメチル－２，３，６，７－テトラヒドロ－１Ｈ，５Ｈ－ベンゾ［ｉｊ］キノリジン－９－イル）エテニル］－４Ｈ－ピラン－４－イリデン｝プロパンジニトリル（略称：ＢｉｓＤＣＪＴＭ）、Ｎ，Ｎ’－（ピレン－１，６－ジイル）ビス［（６，Ｎ－ジフェニルベンゾ［ｂ］ナフト［１，２－ｄ］フラン）－８－アミン］（略称：１，６ＢｎｆＡＰｒｎ－０３）、３，１０－ビス［Ｎ－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－２－イル）－Ｎ－フェニルアミノ］ナフト［２，３－ｂ；６，７－ｂ’］ビスベンゾフラン（略称：３，１０ＰＣＡ２Ｎｂｆ（ＩＶ）－０２）、３，１０－ビス［Ｎ－（ジベンゾフラン－３－イル）－Ｎ－フェニルアミノ］ナフト［２，３－ｂ；６，７－ｂ’］ビスベンゾフラン（略称：３，１０ＦｒＡ２Ｎｂｆ（ＩＶ）－０２）などが挙げられる。特に、１，６ＦＬＰＡＰｒｎや１，６ｍＭｅｍＦＬＰＡＰｒｎ、１，６ＢｎｆＡＰｒｎ－０３のようなピレンジアミン化合物に代表される縮合芳香族ジアミン化合物は、ホールトラップ性が高く、発光効率や信頼性に優れているため好ましい。また、これ以外の蛍光発光物質も用いることができる。

［００７６］

発光層１１３において、発光物質としてりん光発光物質を用いる場合、用いることが可能な材料としては、例えば、トリス｛２－［５－（２－メチルフェニル）－４－（２，６－ジメチルフェニル）－４Ｈ－１，２，４－トリアゾール－３－イル－κＮ２］フェニル－κＣ｝イリジウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｉｒ（ｍｐｐｔｚ－ｄｍｐ）$_3$］）、トリス（５－メチル－３，４－ジフェニル－４Ｈ－１，２，４－トリアゾラト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｉｒ（Ｍｐｔｚ）$_3$］）、トリス［４－（３－ビフェニル）－５－イソプロピル－３－フェニル－４Ｈ－１，２，４－トリアゾラト］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｉｒ（ｉＰｒｐｔｚ－３ｂ）$_3$］）のような４Ｈ－トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス［３－メチル－１－（２－メチルフェニル）－５－フェニル－１Ｈ－１，２，４－トリアゾラト］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｉｒ（Ｍｐｔｚ１－ｍｐ）$_3$］）、トリス（１－メチル－５－フェニル－３－プロピル－１Ｈ－１，２，４－トリアゾラト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｉｒ（Ｐｒｐｔｚ１－Ｍｅ）$_3$］）のような１Ｈ－トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、ｆａｃ－トリス［１－（２，６－ジイソプロピルフェニル）－２－フェニル－１Ｈ－イミダゾール］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｉｒ（ｉＰｒｐｍｉ）$_3$］）、トリス［３－（２，６－ジメチルフェニル）－７－メチルイミダゾ［１，２－ｆ］フェナントリジナト］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｉｒ（ｄｍｐｉｍｐｔ－Ｍｅ）$_3$］）のようなイミダゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、ビス［２－（４’，６’－ジフルオロフェニル）ピリジナト－Ｎ，Ｃ$^{2'}$］イリジウム（ＩＩＩ）テトラキス（１－ピラゾリル）ボラート（略称：ＦＩｒ６）、ビス［２－（４’，６’－ジフルオロフェニル）ピリジナト－Ｎ，Ｃ$^{2'}$］イリジウム（ＩＩＩ）ピコリナート（略称：ＦＩｒｐｉｃ）、ビス｛２－［３’，５’－ビス（トリフルオロメチル）フェニル］ピリジナト－Ｎ，Ｃ$^{2'}$｝イリジウム（ＩＩＩ）ピコリナート（略称：［Ｉｒ（ＣＦ$_3$ｐｐｙ）$_2$（ｐｉｃ）］）、ビス［２－（４’，６’－ジフルオロフェニル）ピリジナト－Ｎ，Ｃ$^{2'}$］イリジウム（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（略称：ＦＩｒａｃａｃ）のような電子吸引基を有するフェニルピリジン誘導体を配位子とする有機金属イリジウム錯体などが挙げられる。これらは青色のりん光発光を示す化合物であり、４４０ｎｍから５２０ｎｍに発光スペクトルのピークを有する化合物である。

［００７７］

また、トリス（４－メチル－６－フェニルピリミジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｉｒ

（ｍｐｐｍ）$_3$］）、トリス（４－ｔ－ブチル－６－フェニルピリミジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｉｒ（ｔＢｕｐｐｍ）$_3$］）、（アセチルアセトナト）ビス（６－メチル－４－フェニルピリミジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｉｒ（ｍｐｐｍ）$_2$（ａｃａｃ）］）、（アセチルアセトナト）ビス（６－ｔｅｒｔ－ブチル－４－フェニルピリミジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｉｒ（ｔＢｕｐｐｍ）$_2$（ａｃａｃ）］）、（アセチルアセトナト）ビス［６－（２－ノルボルニル）－４－フェニルピリミジナト］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｉｒ（ｎｂｐｐｍ）$_2$（ａｃａｃ）］）、（アセチルアセトナト）ビス［５－メチル－６－（２－メチルフェニル）－４－フェニルピリミジナト］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｉｒ（ｍｐｍｐｐｍ）$_2$（ａｃａｃ）］）、（アセチルアセトナト）ビス（４，６－ジフェニルピリミジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｉｒ（ｄｐｐｍ）$_2$（ａｃａｃ）］）のようなピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、（アセチルアセトナト）ビス（３，５－ジメチル－２－フェニルピラジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｉｒ（ｍｐｐｒ－Ｍｅ）$_2$（ａｃａｃ）］）、（アセチルアセトナト）ビス（５－イソプロピル－３－メチル－２－フェニルピラジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｉｒ（ｍｐｐｒ－ｉＰｒ）$_2$（ａｃａｃ）］）のようなピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス（２－フェニルピリジナト－Ｎ，Ｃ$^{2'}$）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｉｒ（ｐｐｙ）$_3$］）、ビス（２－フェニルピリジナト－Ｎ，Ｃ$^{2'}$）イリジウム（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（略称：［Ｉｒ（ｐｐｙ）$_2$（ａｃａｃ）］）、ビス（ベンゾ［ｈ］キノリナト）イリジウム（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（略称：［Ｉｒ（ｂｚｑ）$_2$（ａｃａｃ）］）、トリス（ベンゾ［ｈ］キノリナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｉｒ（ｂｚｑ）$_3$］）、トリス（２－フェニルキノリナト－Ｎ，Ｃ$^{2'}$）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｉｒ（ｐｑ）$_3$］）、ビス（２－フェニルキノリナト－Ｎ，Ｃ$^{2'}$）イリジウム（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（略称：［Ｉｒ（ｐｑ）$_2$（ａｃａｃ）］）のようなピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体の他、トリス（アセチルアセトナト）（モノフェナントロリン）テルビウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｔｂ（ａｃａｃ）$_3$（Ｐｈｅｎ）］）のような希土類金属錯体などが挙げられる。これらは主に緑色のりん光発光を示す化合物であり、５００ｎｍから６００ｎｍに発光スペクトルのピークを有する。なお、ピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、信頼性や発光効率にも際だって優れるため、特に好ましい。

［００７８］

また、（ジイソブチリルメタナト）ビス［４，６－ビス（３－メチルフェニル）ピリミジナト］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｉｒ（５ｍｄｐｐｍ）$_2$（ｄｉｂｍ）］）、ビス［４，６－ビス（３－メチルフェニル）ピリミジナト］（ジピバロイルメタナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｉｒ（５ｍｄｐｐｍ）$_2$（ｄｐｍ）］）、ビス［４，６－ジ（ナフタレン－１－イル）ピリミジナト］（ジピバロイルメタナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｉｒ（ｄ１ｎｐｍ）$_2$（ｄｐｍ）］）のようなピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、（アセチルアセトナト）ビス（２，３，５－トリフェニルピラジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｉｒ（ｔｐｐｒ）$_2$（ａｃａｃ）］）、ビス（２，３，５－トリフェニルピラジナト）（ジピバロイルメタナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｉｒ（ｔｐｐｒ）$_2$（ｄｐｍ）］）、（アセチルアセトナト）ビス［２，３－ビス（４－フルオロフェニル）キノキサリナト］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｉｒ（Ｆｄｐｑ）$_2$（ａｃａｃ）］）のようなピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス（１－フェニルイソキノリナト－Ｎ，Ｃ$^{2'}$）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｉｒ（ｐｉｑ）

$_3$］）、ビス（１－フェニルイソキノリナト－Ｎ，Ｃ$^{2'}$）イリジウム（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（略称：［Ｉｒ（ｐｉｑ）$_2$（ａｃａｃ）］）のようなピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体の他、２，３，７，８，１２，１３，１７，１８－オクタエチル－２１Ｈ，２３Ｈ－ポルフィリン白金（ＩＩ）（略称：ＰｔＯＥＰ）のような白金錯体や、トリス（１，３－ジフェニル－１，３－プロパンジオナト）（モノフェナントロリン）ユーロピウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｅｕ（ＤＢＭ）$_3$（Ｐｈｅｎ）］）、トリス［１－（２－テノイル）－３，３，３－トリフルオロアセトナト］（モノフェナントロリン）ユーロピウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｅｕ（ＴＴＡ）$_3$（Ｐｈｅｎ）］）のような希土類金属錯体などが挙げられる。これらは、赤色のりん光発光を示す化合物であり、６００ｎｍから７００ｎｍに発光スペクトルのピークを有する。また、ピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、色度の良い赤色発光が得られる。

［００７９］

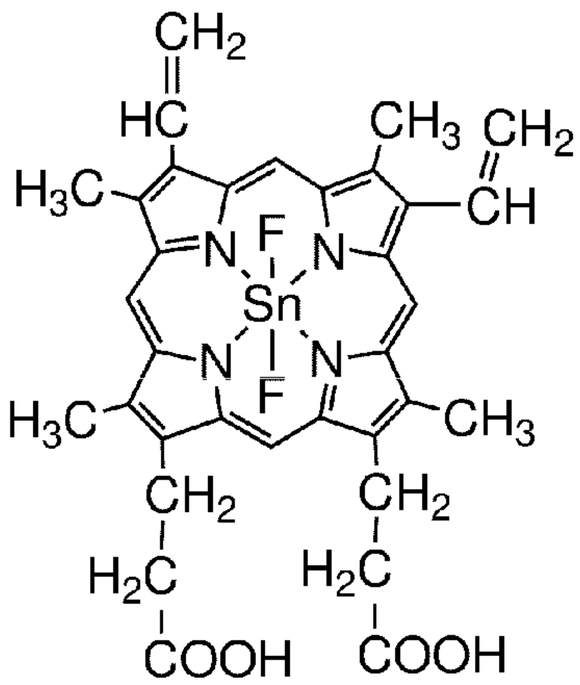
また、以上で述べたりん光性化合物の他、公知のりん光性発光物質を選択し、用いてもよい。

［００８０］

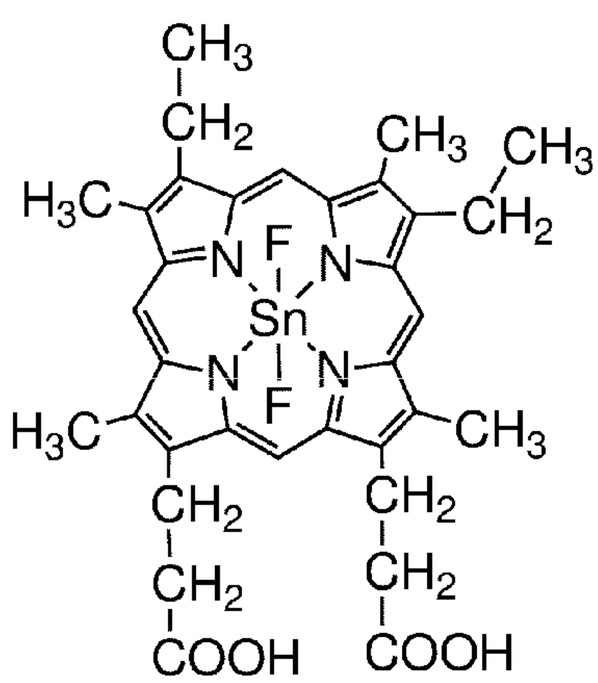
ＴＡＤＦ材料としてはフラーレン及びその誘導体、アクリジン及びその誘導体、エオシン誘導体等を用いることができる。またマグネシウム（Ｍｇ）、亜鉛（Ｚｎ）、カドミウム（Ｃｄ）、スズ（Ｓｎ）、白金（Ｐｔ）、インジウム（Ｉｎ）、もしくはパラジウム（Ｐｄ）等を含む金属含有ポルフィリンが挙げられる。該金属含有ポルフィリンとしては、例えば、以下の構造式に示されるプロトポルフィリン－フッ化スズ錯体（ＳｎＦ$_2$（Ｐｒｏｔｏ　ＩＸ））、メソポルフィリン－フッ化スズ錯体（ＳｎＦ$_2$（Ｍｅｓｏ　ＩＸ））、ヘマトポルフィリン－フッ化スズ錯体（ＳｎＦ$_2$（Ｈｅｍａｔｏ　ＩＸ））、コプロポルフィリンテトラメチルエステル－フッ化スズ錯体（ＳｎＦ$_2$（Ｃｏｐｒｏ　ＩＩＩ－４Ｍｅ））、オクタエチルポルフィリン－フッ化スズ錯体（ＳｎＦ$_2$（ＯＥＰ））、エチオポルフィリン－フッ化スズ錯体（ＳｎＦ$_2$（Ｅｔｉｏ　Ｉ））、オクタエチルポルフィリン－塩化白金錯体（ＰｔＣｌ$_2$ＯＥＰ）等も挙げられる。

［００８１］

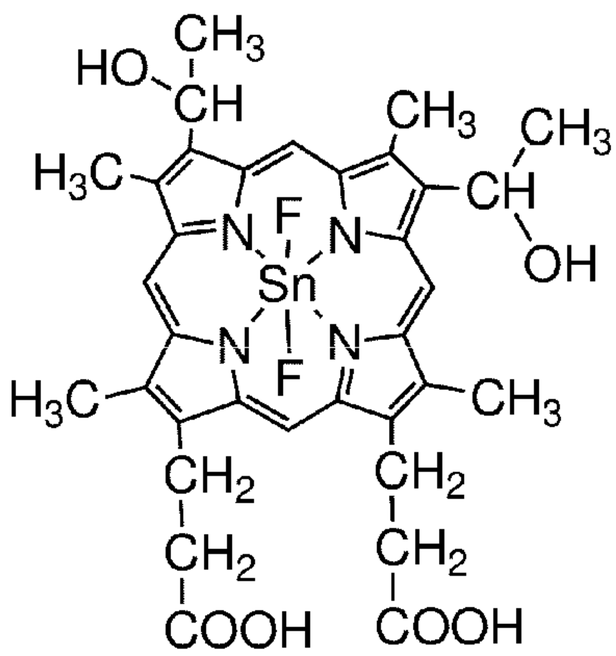
［化４］



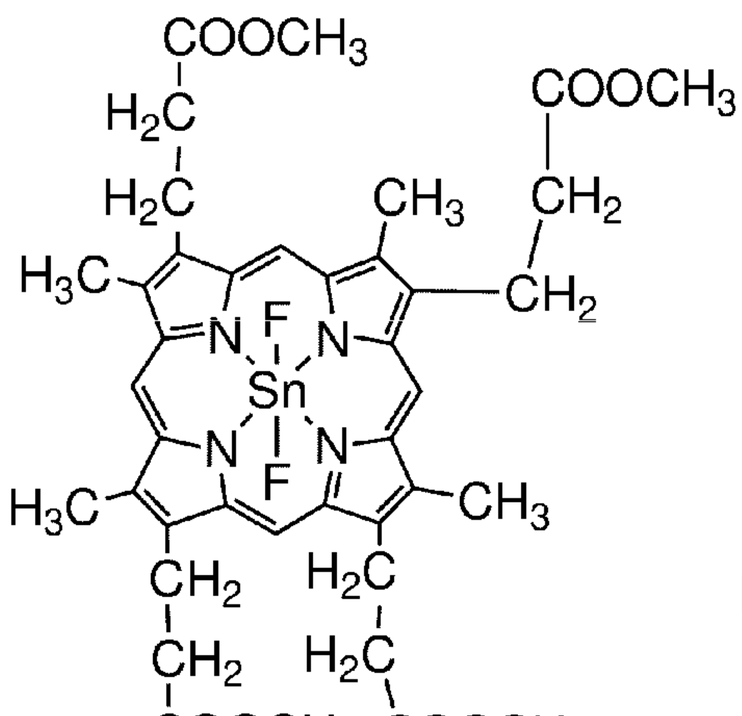
SnF_2(Proto IX)



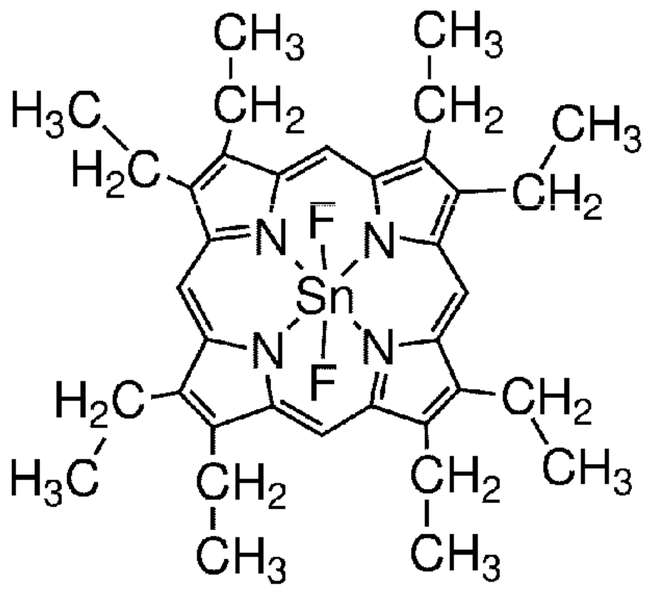
SnF_2(Meso IX)



SnF_2(Hemato IX)

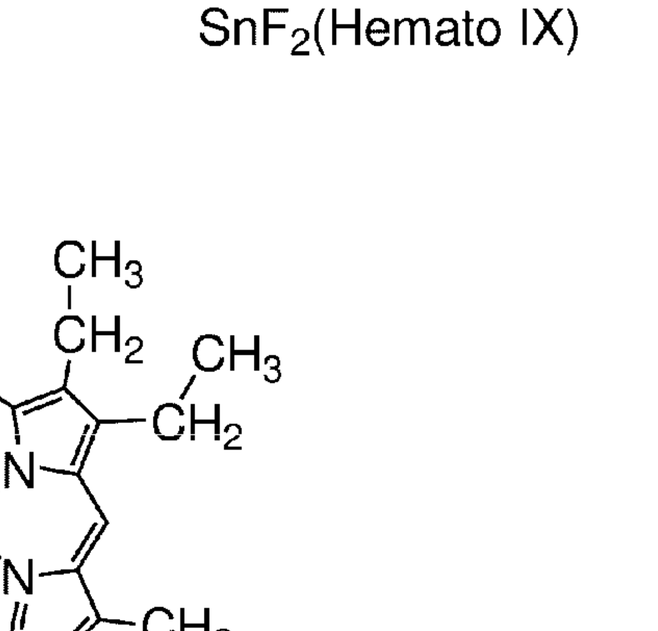


SnF_2(Copro III-4Me)



SnF_2(OEP)

SnF_2(Etio I)



$PtCl_2OEP$

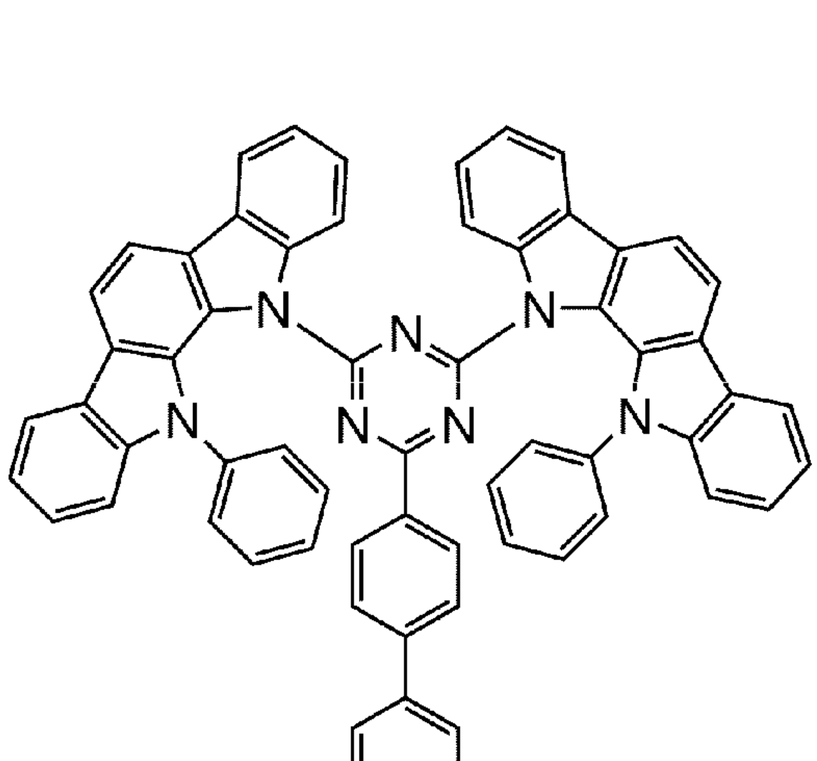
［００８２］

また、以下の構造式に示される２－（ビフェニル－４－イル）－４，６－ビス（１２－フェニルインドロ［２，３－ａ］カルバゾール－１１－イル）－１，３，５－トリアジン（略称：ＰＩＣ－ＴＲＺ）や、９－（４，６－ジフェニル－１，３，５－トリアジン－２－イル）－９’－フェニル－９Ｈ，９’Ｈ－３，３’－ビカルバゾール（略称：ＰＣＣｚＴｚｎ）、２－｛４－［３－（Ｎ－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）－９Ｈ－カルバゾール－９－イル］フェニル｝－４，６－ジフェニル－１，３，５－トリアジン（略称：ＰＣＣｚＰＴｚｎ）、２－［４－（１０Ｈ－フェノキサジン－１０－イル）フェニル］－４，６－ジフェニル－１，３，５－トリアジン（略称：ＰＸＺ－ＴＲＺ）、３－［４－（５－フェニル－５，１０－ジヒドロフェナジン－１０－イル）フェニル］－４，５－ジフェニル－１，２，４－トリアゾール（略称：ＰＰＺ－３ＴＰＴ）、３－（９，

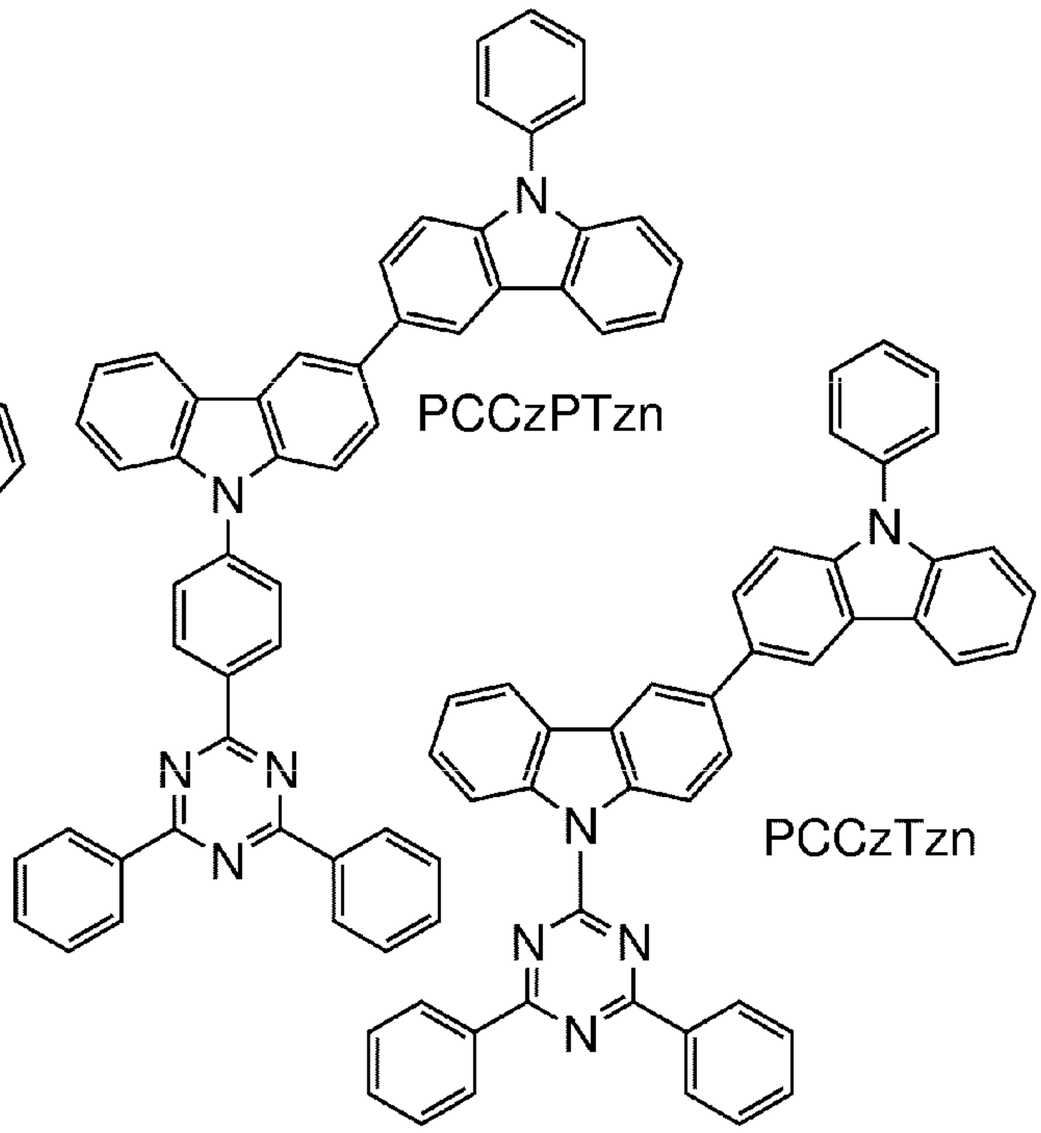
９－ジメチル－９Ｈ－アクリジン－１０－イル）－９Ｈ－キサンテン－９－オン（略称：ＡＣＲＸＴＮ）、ビス［４－（９，９－ジメチル－９，１０－ジヒドロアクリジン）フェニル］スルホン（略称：ＤＭＡＣ－ＤＰＳ）、１０－フェニル－１０Ｈ，１０’Ｈ－スピロ［アクリジン－９，９’－アントラセン］－１０’－オン（略称：ＡＣＲＳＡ）、等の π 電子過剰型複素芳香環と π 電子不足型複素芳香環の一方または両方を有する複素環化合物も用いることができる。該複素環化合物は、π 電子過剰型複素芳香環及び π 電子不足型複素芳香環を有するため、電子輸送性及び正孔輸送性が共に高く、好ましい。中でも、π 電子不足型複素芳香環を有する骨格のうち、ピリジン骨格、ジアジン骨格（ピリミジン骨格、ピラジン骨格、ピリダジン骨格）、およびトリアジン骨格は、安定で信頼性が良好なため好ましい。特に、ベンゾフロピリミジン骨格、ベンゾチエノピリミジン骨格、ベンゾフロピラジン骨格、ベンゾチエノピラジン骨格はアクセプター性が高く、信頼性が良好なため好ましい。また、π 電子過剰型複素芳香環を有する骨格の中でも、アクリジン骨格、フェノキサジン骨格、フェノチアジン骨格、フラン骨格、チオフェン骨格、及びピロール骨格は、安定で信頼性が良好なため、当該骨格の少なくとも一を有することが好ましい。なお、フラン骨格としてはジベンゾフラン骨格が、チオフェン骨格としてはジベンゾチオフェン骨格が、それぞれ好ましい。また、ピロール骨格としては、インドール骨格、カルバゾール骨格、インドロカルバゾール骨格、ビカルバゾール骨格、３－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）－９Ｈ－カルバゾール骨格が特に好ましい。なお、π 電子過剰型複素芳香環と π 電子不足型複素芳香環とが直接結合した物質は、π 電子過剰型複素芳香環の電子供与性と π 電子不足型複素芳香環の電子受容性が共に強くなり、Ｓ１準位とＴ１準位のエネルギー差が小さくなるため、熱活性化遅延蛍光を効率よく得られることから特に好ましい。なお、π 電子不足型複素芳香環の代わりに、シアノ基のような電子吸引基が結合した芳香環を用いても良い。また、π 電子過剰型骨格として、芳香族アミン骨格、フェナジン骨格等を用いることができる。また、π 電子不足型骨格として、キサンテン骨格、チオキサンテンジオキサイド骨格、オキサジアゾール骨格、トリアゾール骨格、イミダゾール骨格、アントラキノン骨格、フェニルボランやボラントレン等の含ホウ素骨格、ベンゾニトリルまたはシアノベンゼン等のニトリル基またはシアノ基を有する芳香環や複素芳香環、ベンゾフェノン等のカルボニル骨格、ホスフィンオキシド骨格、スルホン骨格等を用いることができる。このように、π 電子不足型複素芳香環および π 電子過剰型複素芳香環の少なくとも一方の代わりに π 電子不足型骨格および π 電子過剰型骨格を用いることができる。

［００８３］

［化５］

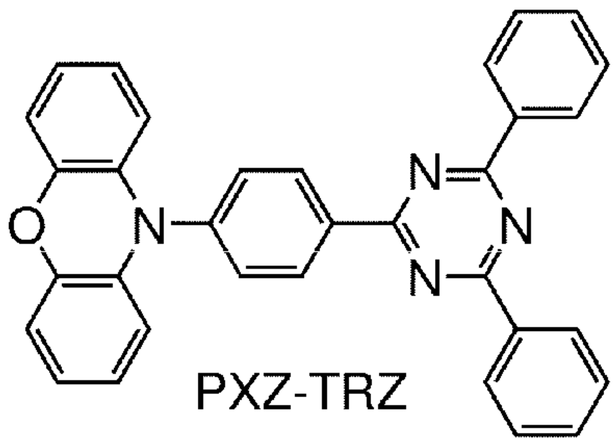


PIC-TRZ

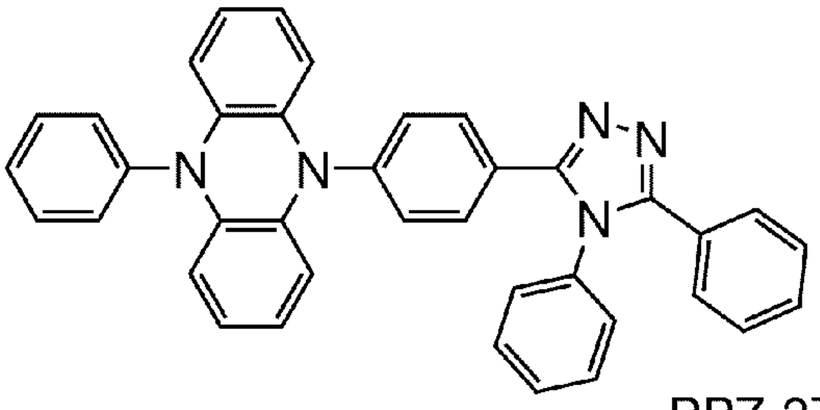


PCCzPTzn

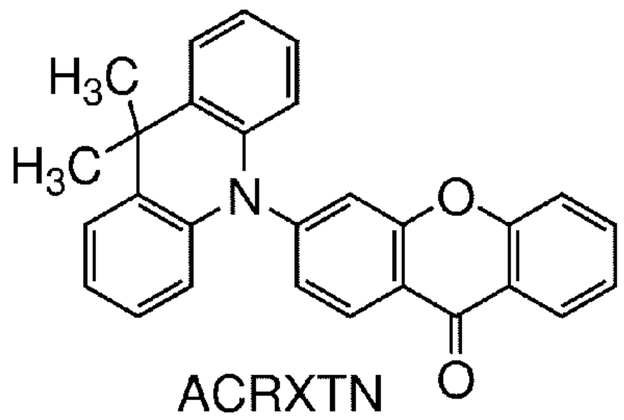
PCCzTzn



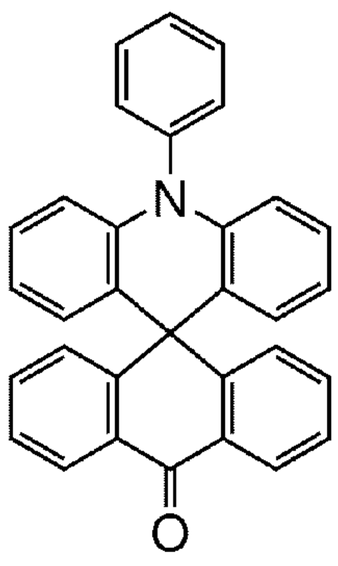
PXZ-TRZ



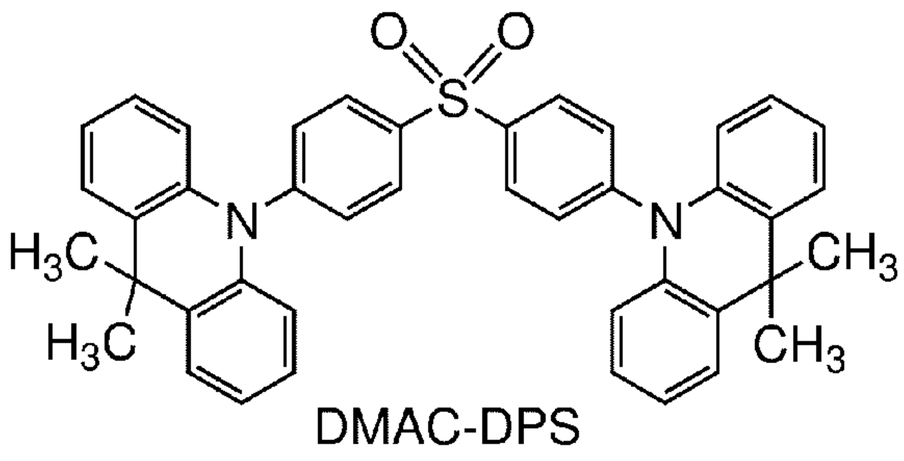
PPZ-3TPT



ACRXTN



ACRSA



DMAC-DPS

［００８４］

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

［００８５］

また、２種類の物質で励起状態を形成する励起錯体（エキサイプレックス、エキシプレックスまたはＥｘｃｉｐｌｅｘともいう）は、Ｓ１準位とＴ１準位との差が極めて小さく、三重項励起エネルギーを一重項励起エネルギーに変換することが可能なＴＡＤＦ材料としての機能を有する。

［００８６］

なお、Ｔ１準位の指標としては、低温（例えば７７Ｋから１０Ｋ）で観測されるりん光スペクトルを用いればよい。ＴＡＤＦ材料としては、その蛍光スペクトルの短波長側の裾において接線を引き、その外挿線の波長のエネルギーをＳ１準位とし、りん光スペクトルの短波長側の裾において接線を引き、その外挿線の波長のエネルギーをＴ１準位とした際に、そのＳ１とＴ１の差が０．３ｅＶ以下であることが好ましく、０．２ｅＶ以下であることがさらに好ましい。

［００８７］

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

［００８８］

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

［００８９］

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

オレン－９－イル）フェニル］フェニル｝ジベンゾフラン（略称：ｍｍＤＢＦＦＬＢｉ－ＩＩ）などのフラン骨格を有する化合物が挙げられる。上述した中でも、芳香族アミン骨格を有する化合物やカルバゾール骨格を有する化合物は、信頼性が良好であり、また、正孔輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与するため好ましい。また、上記複合材料に用いることができる材料として挙げた正孔輸送性を有する材料ももちいることができる。

［００９０］

電子輸送性を有する材料としては、例えば、ビス（１０－ヒドロキシベンゾ［ｈ］キノリナト）ベリリウム（ＩＩ）（略称：ＢｅＢｑ$_2$）、ビス（２－メチル－８－キノリノラト）（４－フェニルフェノラト）アルミニウム（ＩＩＩ）（略称：ＢＡｌｑ）、ビス（８－キノリノラト）亜鉛（ＩＩ）（略称：Ｚｎｑ）、ビス［２－（２－ベンゾオキサゾリル）フェノラト］亜鉛（ＩＩ）（略称：ＺｎＰＢＯ）、ビス［２－（２－ベンゾチアゾリル）フェノラト］亜鉛（ＩＩ）（略称：ＺｎＢＴＺ）などの金属錯体や、π 電子不足型複素芳香環骨格を有する有機化合物が好ましい。π 電子不足型複素芳香環骨格を有する有機化合物としては、例えば、２－（４－ビフェニリル）－５－（４－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル）－１，３，４－オキサジアゾール（略称：ＰＢＤ）、３－（４－ビフェニリル）－４－フェニル－５－（４－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル）－１，２，４－トリアゾール（略称：ＴＡＺ）、１，３－ビス［５－（ｐ－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル）－１，３，４－オキサジアゾール－２－イル］ベンゼン（略称：ＯＸＤ－７）、９－［４－（５－フェニル－１，３，４－オキサジアゾール－２－イル）フェニル］－９Ｈ－カルバゾール（略称：ＣＯ１１）、２，２’，２’’－（１，３，５－ベンゼントリイル）トリス（１－フェニル－１Ｈ－ベンゾイミダゾール）（略称：ＴＰＢＩ）、２－［３－（ジベンゾチオフェン－４－イル）フェニル］－１－フェニル－１Ｈ－ベンゾイミダゾール（略称：ｍＤＢＴＢＩｍ－ＩＩ）などの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：２ｍＤＢＴＢＰＤＢｑ－ＩＩ）、２－［３’－（９Ｈ－カルバゾール－９－イル）ビフェニル－３－イル］ジベンゾ［ｆ，ｈ］キノキサリン（略称：２ｍＣｚＢＰＤＢｑ）、４，６－ビス［３－（フェナントレン－９－イル）フェニル］ピリミジン（略称：４，６ｍＰｎＰ２Ｐｍ）、４，６－ビス［３－（４－ジベンゾチエニル）フェニル］ピリミジン（略称：４，６ｍＤＢＴＰ２Ｐｍ－ＩＩ）、４，８－ビス［３－（ジベンゾチオフェン－４－イル）フェニル］ベンゾ［ｈ］キナゾリン（略称：４，８ｍＤＢｔＰ２Ｂｑｎ）などのジアジン骨格を有する複素環化合物や、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。

［００９１］

ホスト材料として用いることが可能なＴＡＤＦ材料としては、先にＴＡＤＦ材料として挙げたものを同様に用いることができる。ＴＡＤＦ材料をホスト材料として用いると、ＴＡＤＦ材料で生成した三重項励起エネルギーが、逆項間交差によって一重項励起エネルギーに変換され、さらに発光物質へエネルギー移動することで、発光デバイスの発光効率を高めることができる。このとき、ＴＡ

ＤＦ材料がエネルギードナーとして機能し、発光物質がエネルギーアクセプターとして機能する。

［００９２］

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

［００９３］

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

［００９４］

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

［００９５］

蛍光発光物質を発光物質として用いる場合、ホスト材料としては、アントラセン骨格を有する材料が好適である。アントラセン骨格を有する物質を蛍光発光物質のホスト材料として用いると、発光効率、耐久性共に良好な発光層を実現することが可能である。ホスト材料として用いるアントラセン骨格を有する物質としては、ジフェニルアントラセン骨格、特に９，１０－ジフェニルアントラセン骨格を有する物質が化学的に安定であるため好ましい。また、ホスト材料がカルバゾール骨格を有する場合、正孔の注入・輸送性が高まるため好ましいが、カルバゾールにベンゼン環がさらに縮合したベンゾカルバゾール骨格を含む場合、カルバゾールよりもＨＯＭＯが０．１ｅＶ程度浅くなり、正孔が入りやすくなるためより好ましい。特に、ホスト材料がジベンゾカルバゾール骨格を含む場合、カルバゾールよりもＨＯＭＯが０．１ｅＶ程度浅くなり、正孔が入りやすくなる上に、正孔輸送性にも優れ、耐熱性も高くなるため好適である。したがって、さらにホスト材料として好ましいのは、９，１０－ジフェニルアントラセン骨格およびカルバゾール骨格（あるいはベンゾカルバゾール骨格やジベンゾカルバゾール骨格）を同時に有する物質である。なお、上記の正孔注

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

［００９６］

なお、ホスト材料は複数種の物質を混合した材料であっても良く、混合したホスト材料を用いる場合は、電子輸送性を有する材料と、正孔輸送性を有する材料とを混合することが好ましい。電子輸送性を有する材料と、正孔輸送性を有する材料を混合することによって、発光層１１３の輸送性を容易に調整することができ、再結合領域の制御も簡便に行うことができる。正孔輸送性を有する材料と電子輸送性を有する材料の含有量の重量比は、正孔輸送性を有する材料：電子輸送性を有する材料＝１：１９～１９：１とすればよい。電子輸送性を有する材料と、正孔輸送性を有する材料との混合は、共蒸着により行っても良いし、あらかじめ混合した（プレミックスした）試料を蒸着することによって行っても良い。

［００９７］

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

［００９８］

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

［００９９］

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

［０１００］

効率よく励起錯体を形成する材料の組み合わせとしては、正孔輸送性を有する材料のＨＯＭＯ準位が電子輸送性を有する材料のＨＯＭＯ準位以上であると好ましい。また、正孔輸送性を有する材料のＬＵＭＯ準位が電子輸送性を有する材料のＬＵＭＯ準位以上であると好ましい。なお、材料のＬＵＭＯ準位およびＨＯＭＯ準位は、サイクリックボルタンメトリ（ＣＶ）測定によって測定される材料の電気化学特性（還元電位および酸化電位）から導出することができる。

［０１０１］

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

［０１０２］

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

［０１０３］

なお、電子輸送層１１４は電界強度［Ｖ／ｃｍ］の平方根が６００における電子移動度が$１\times１０^{-7}$$ｃｍ^{2}$／Ｖｓ以上$５\times１０^{-5}$$ｃｍ^{2}$／Ｖｓ以下であることが好ましい。電子輸送層１１４における電子の輸送性を落とすことにより発光層への電子の注入量を制御することができ、発光層が電子過多の状態になることを防ぐことができる。また、電子輸送層は電子輸送性を有する材料と、アルカリ金属またはアルカリ土類金属の単体、化合物もしくは錯体を含むことが好ましい。これらの構成は、特に正孔注入層を複合材料として形成し、当該複合材料における正孔輸送性を有する材料のＨＯＭＯ準位が－５．７ｅＶ以上－５．４ｅＶ以下の比較的深いＨＯＭＯ準位を有する物質である場合に、寿命が良好となるため特に好ましい。なお、この際、電子輸送性を有する材料は、そのＨＯＭＯ準位が－６．０ｅＶ以上であることが好ましい。また、当該電子輸送性を有する材料はアントラセン骨格を有する有機化合物であることが好ましく、アントラセン骨格と複素環骨格の両方を含む有機化合物であることがより好ましい。当該複素環骨格としては、含窒素５員環骨格または含窒素６員環骨格が好ましく、これら複素環骨格としては、ピラゾール環、イミダゾール環、オキサゾール環、チアゾール環、ピラジン環、ピリミジン環、ピリダジン環などのように２つの複素原子を環に含む含窒素５員環骨格または含窒素６員環骨格を有することが特に好ましい。また、アルカリ金属またはアルカリ土類金属の単体、化合物もしくは錯体としては、８－ヒドロキシキノリナト－リチウム（略称：Ｌｉｑ）、８－ヒドロキシキノリナト－ナトリウム（略称：Ｎａｑ）などを挙げることができる。特に、一価の金属イオンの錯体、中でもリチウムの錯体が好ましく、Ｌｉｑがより好ましい。なお、８－ヒドロキシキノリナト構造を含む場合、そのメチル置換体（例えば２－メチル置換体や５－メチル置換体）などを用いることもできる。また、電子輸送層中においてアルカリ金属またはアルカリ土類金属の単体、化合物もしくは錯体は、その厚さ方向において濃度差（０である場合も含む）が存在することが好ましい。

［０１０４］

電子輸送層１１４と陰極１０２との間に、電子注入層１１５として、フッ化リチウム（ＬｉＦ）、フッ化セシウム（ＣｓＦ）、フッ化カルシウム（CaF_2）、８－ヒドロキシキノリナト－リチウム（略称：Ｌｉｑ）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含む層を設けても良い。電子注入層１１５は、電子輸送性を有する物質からなる層中にアルカリ金属又はアルカリ土類金属又はそれらの化合物を含有させたものや、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。

［０１０５］

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

［０１０６］

また、電子注入層１１５の代わりに電荷発生層を設けても良い。電荷発生層は、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。電荷発生層には、少なくともＰ型層が含まれる。Ｐ型層は、上述の正孔注入層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型層は、複合材料を構成する材料として上述したアクセプタ材料を含む膜と正孔輸送材料を含む膜とを積層して構成しても良い。Ｐ型層に電位をかけることによって、電子輸送層に電子が、陰極である陰極１０２に正孔が注入され、発光デバイスが動作する。

［０１０７］

なお、電荷発生層はＰ型層の他に電子リレー層及び電子注入バッファ層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。

［０１０８］

電子リレー層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とＰ型層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。電子リレー層に含まれる電子輸送性を有する物質のＬＵＭＯ準位は、Ｐ型層におけるアクセプタ性物質のＬＵＭＯ準位と、電子輸送層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。電子リレー層に用いられる電子輸送性を有する物質におけるＬＵＭＯ準位の具体的なエネルギー準位は－５．０ｅＶ以上、好ましくは－５．０ｅＶ以上－３．０ｅＶ以下とするとよい。なお、電子リレー層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。

［０１０９］

電子注入バッファ層には、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。

［０１１０］

また、電子注入バッファ層が、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、テトラチアナフタセン（略称：ＴＴＮ）、ニッケロセン、デカメチルニッケロセン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。

［０１１１］

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３．８ｅＶ以下）金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物などを用いることができる。このような陰極材料の具体例としては、リチウム（Ｌｉ）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。

［０１１２］

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

［０１１３］

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。

［０１１４］

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

［０１１５］

また、発光層１１３に接する正孔輸送層や電子輸送層、特に発光層１１３における再結合領域に近いキャリア輸送層は、発光層で生成した励起子からのエネルギー移動を抑制するため、そのバンドギャップが発光層を構成する発光材料もしくは、発光層に含まれる発光材料が有するバンドギャップより大きいバンドギャップを有する物質で構成することが好ましい。

［０１１６］

続いて、複数の発光ユニットを積層した構成の発光デバイス（積層型素子、タンデム型素子ともいう）の態様について、図１Ｃを参照して説明する。この発光デバイスは、陽極と陰極との間に、複数の発光ユニットを有する発光デバイスである。一つの発光ユニットは、図１Ｂで示したＥＬ層１０３とほぼ同様な構成を有する。つまり、図１Ｃで示す発光デバイスは複数の発光ユニットを有す

る発光デバイスであり、図１Ｂで示した発光デバイスは、１つの発光ユニットを有する発光デバイスであるということができる。

［０１１７］

図１Ｃにおいて、陽極５０１と陰極５０２との間には、第１の発光ユニット５１１と第２の発光ユニット５１２が積層されており、第１の発光ユニット５１１と第２の発光ユニット５１２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１Ｂにおける陽極１０１と陰極１０２に相当し、図１Ｂ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。

［０１１８］

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

［０１１９］

電荷発生層５１３は、図１Ｂにて説明した電荷発生層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。

［０１２０］

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

［０１２１］

図１Ｃでは、２つの発光ユニットを有する発光デバイスについて説明したが、３つ以上の発光ユニットを積層した発光デバイスについても、同様に適用することが可能である。本実施の形態に係る発光デバイスのように、一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。

［０１２２］

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、発光デバイス全体として、所望の色の発光を得ることができる。例えば、２つの発光ユニットを有する発光デバイスにおいて、第１の発光ユニットで近赤外の光を、第２の発光ユニットで青の光を得ることで、表示とセンシング用の光を同時に放射する発光デバイスを得ることも可能である。

［０１２３］

また、上述のＥＬ層１０３や第１の発光ユニット５１１、第２の発光ユニット５１２及び電荷発生層などの各層や電極は、例えば、蒸着法（真空蒸着法を含む）、液滴吐出法（インクジェット法ともいう）、塗布法、グラビア印刷法等の方法を用いて形成することができる。また、それらは低分

子材料、中分子材料（オリゴマー、デンドリマーを含む）、または高分子材料を含んでも良い。

［０１２４］

（実施の形態２）

本実施の形態では、実施の形態１に記載の発光デバイスを用いた発光装置について説明する。

［０１２５］

本実施の形態では、実施の形態１に記載の発光デバイスを用いて作製された発光装置について図２を用いて説明する。なお、図２Ａは、発光装置を示す上面図、図２Ｂは図２ＡをＡ－ＢおよびＣ－Ｄで切断した断面図である。この発光装置は、発光デバイスの発光を制御するものとして、点線で示された駆動回路部（ソース線駆動回路）６０１、画素部６０２、駆動回路部（ゲート線駆動回路）６０３を含んでいる。また、６０４は封止基板、６０５はシール材であり、シール材６０５で囲まれた内側は、空間６０７になっている。

［０１２６］

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。

［０１２７］

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

［０１２８］

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

［０１２９］

画素や駆動回路に用いられるトランジスタの構造は特に限定されない。例えば、逆スタガ型のトランジスタとしてもよいし、スタガ型のトランジスタとしてもよい。また、トップゲート型のトランジスタでもボトムゲート型トランジスタでもよい。トランジスタに用いる半導体材料は特に限定されず、例えば、シリコン、ゲルマニウム、炭化シリコン、窒化ガリウム等を用いることができる。または、Ｉｎ－Ｇａ－Ｚｎ系金属酸化物などの、インジウム、ガリウム、亜鉛のうち少なくとも一つを含む酸化物半導体を用いてもよい。

［０１３０］

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

［０１３１］

ここで、上記画素や駆動回路に設けられるトランジスタの他、タッチセンサ等に用いられるトラン

ジスタなどの半導体装置には、酸化物半導体を適用することが好ましい。特にシリコンよりもバンドギャップの広い酸化物半導体を適用することが好ましい。シリコンよりもバンドギャップの広い酸化物半導体を用いることで、トランジスタのオフ状態における電流を低減できる。

［０１３２］

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

［０１３３］

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

［０１３４］

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

［０１３５］

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

［０１３６］

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

［０１３７］

なお、ＦＥＴ６２３は駆動回路部６０１に形成されるトランジスタの一つを示すものである。また、駆動回路は、種々のＣＭＯＳ回路、ＰＭＯＳ回路もしくはＮＭＯＳ回路で形成すれば良い。また、本実施の形態では、基板上に駆動回路を形成したドライバ一体型を示すが、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。

［０１３８］

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気的に接続された第１の電極６１３とを含む複数の画素により形成されているが、これに限定されず、３つ以上のＦＥＴと、容量素子とを組み合わせた画素部としてもよい。

［０１３９］

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

［０１４０］

また、後に形成するＥＬ層等の被覆性を良好なものとするため、絶縁物６１４の上端部または下端部に曲率を有する曲面が形成されるようにする。例えば、絶縁物６１４の材料としてポジ型の感光性アクリル樹脂を用いた場合、絶縁物６１４の上端部のみに曲率半径（０．２μｍ～３μｍ）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。

［０１４１］

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

［０１４２］

また、ＥＬ層６１６は、蒸着マスクを用いた蒸着法、インクジェット法、スピンコート法等の種々の方法によって形成される。ＥＬ層６１６は、実施の形態１で説明したような構成を含んでいる。また、ＥＬ層６１６を構成する他の材料としては、低分子化合物、または高分子化合物（オリゴマー、デンドリマーを含む）であっても良い。

［０１４３］

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

［０１４４］

なお、第１の電極６１３、ＥＬ層６１６、第２の電極６１７でもって、発光デバイスが形成されている。当該発光デバイスは実施の形態１に記載の発光デバイスである。なお、画素部は複数の発光デバイスが形成されてなっているが、本実施の形態における発光装置では、実施の形態１に記載の発光デバイスと、それ以外の構成を有する発光デバイスの両方が混在していても良い。

［０１４５］

さらにシール材６０５で封止基板６０４を素子基板６１０と貼り合わせることにより、素子基板６１０、封止基板６０４、およびシール材６０５で囲まれた空間６０７に発光デバイス６１８が備えられた構造になっている。なお、空間６０７には、充填材が充填されており、不活性気体（窒素やアルゴン等）が充填される場合の他、シール材で充填される場合もある。封止基板には凹部を形成し、そこに乾燥材を設けることで水分の影響による劣化を抑制することができ、好ましい構成である。

［０１４６］

なお、シール材６０５にはエポキシ系樹脂やガラスフリットを用いるのが好ましい。また、これら

の材料はできるだけ水分や酸素を透過しない材料であることが望ましい。また、封止基板６０４に用いる材料としてガラス基板や石英基板の他、ＦＲＰ（Ｆｉｂｅｒ　Ｒｅｉｎｆｏｒｃｅｄ　Ｐｌａｓｔｉｃｓ）、ＰＶＦ（ポリビニルフロライド）、ポリエステルまたはアクリル樹脂等からなるプラスチック基板を用いることができる。

［０１４７］

図２には示されていないが、第２の電極上に保護膜を設けても良い。保護膜は有機樹脂膜や無機絶縁膜で形成すればよい。また、シール材６０５の露出した部分を覆うように、保護膜が形成されていても良い。また、保護膜は、一対の基板の表面及び側面、封止層、絶縁層、等の露出した側面を覆って設けることができる。

［０１４８］

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

［０１４９］

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

［０１５０］

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

［０１５１］

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

［０１５２］

以上のようにして、実施の形態１に記載の発光デバイスを用いて作製された発光装置を得ることができる。

［０１５３］

本実施の形態における発光装置は、実施の形態１に記載の発光デバイスを用いているため、良好な特性を備えた発光装置を得ることができる。具体的には、実施の形態１に記載の発光デバイスは発光効率が良好なため、消費電力の小さい発光装置とすることが可能である。

［０１５４］

ここまでは、アクティブマトリクス型の発光装置について説明したが、以下からはパッシブマトリクス型の発光装置について説明する。図３には本発明を適用して作製したパッシブマトリクス型の発光装置を示す。なお、図３Ａは、発光装置を示す斜視図、図３Ｂは図３ＡをＸ－Ｙで切断した断面図である。図３において、基板９５１上には、電極９５２と電極９５６との間にはＥＬ層９５５が設けられている。電極９５２の端部は絶縁層９５３で覆われている。そして、絶縁層９５３上には隔壁層９５４が設けられている。隔壁層９５４の側壁は、基板面に近くなるに伴って、一方の側壁と他方の側壁との間隔が狭くなっていくような傾斜を有する。つまり、隔壁層９５４の短辺方向の断面は、台形状であり、底辺（絶縁層９５３の面方向と同様の方向を向き、絶縁層９５３と接する辺）の方が上辺（絶縁層９５３の面方向と同様の方向を向き、絶縁層９５３と接しない辺）よりも短い。このように、隔壁層９５４を設けることで、静電気等に起因した発光デバイスの不良を防ぐことが出来る。また、パッシブマトリクス型の発光装置においても、実施の形態１に記載の発光デバイスを用いており、消費電力の小さい発光装置又は信頼性の良好な発光装置とすることができる。

［０１５５］

また、本実施の形態は他の実施の形態と自由に組み合わせることができる。

［０１５６］

（実施の形態３）

本実施の形態では、実施の形態１に記載の発光デバイスを照明装置として用いる例を図４を参照しながら説明する。図４Ｂは照明装置の上面図、図４Ａは図４Ｂにおけるｅ－ｆ断面図である。

［０１５７］

本実施の形態における照明装置は、支持体である透光性を有する基板４００上に、陽極４０１が形成されている。陽極４０１は実施の形態１における陽極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。

［０１５８］

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。

［０１５９］

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

［０１６０］

ＥＬ層４０３を覆って陰極４０４を形成する。陰極４０４は実施の形態１における陰極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によって形成される。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。

［０１６１］

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

［０１６２］

以上の構成を有する発光デバイスが形成された基板４００と、封止基板４０７とをシール材４０５、

４０６を用いて固着し、封止することによって照明装置が完成する。シール材４０５、４０６はどちらか一方でもかまわない。また、内側のシール材４０６（図４Ｂ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。

［０１６３］

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ーなどを搭載したＩＣチップ４２０などを設けても良い。

［０１６４］

以上、本実施の形態に記載の照明装置は、ＥＬ素子に実施の形態１に記載の発光デバイスを用いており、消費電力の小さい照明装置とすることができる。

［０１６５］

（実施の形態４）

本実施の形態では、本発明の一態様の発光デバイスを用いた静脈認証システムの一例について図７を参照しながら説明する。

［０１６６］

まず、本認証システムの認証処理の例について説明する。最初に、認証を行う利用者は自身を特定する情報（例えば利用者番号）を入力部６より入力する。次に利用者は指１を入力装置２に提示する。入力装置２には光源である発光デバイス３が設置されており、指１に赤外光を照射する。本発明の一態様の発光デバイスは発光デバイス３として適用することができる。

［０１６７］

入力装置２に設置された撮像デバイス４は、撮像によって得られた画像を画像入力部５を介してＣＰＵ８に入力する。ＣＰＵ８は、入力された画像をメモリ７に記憶し、メモリ７に記憶した画像から、特徴データを抽出する。

［０１６８］

次に、ＣＰＵ８は、あらかじめ入力された情報を元にデータベース９に記憶されている個人の認証用データを取得する。続いてＣＰＵ８は取得した認証用データをメモリ７に記憶し、抽出した特徴データとの照合を行い、入力装置２に指１を提示した人物を特定する。以上のように、本実施の形態の認証システムは、利用者を認証することができる。

［０１６９］

続いて、図８に透過型の静脈認証装置の入力装置にあたる部分の図を示した。利用者の指１はガイド１１に開けられた溝をふさぐように提示することが好ましい。撮像デバイス４には例えばＣＭＯＳカメラを用いることができ、撮像デバイス４の前に近赤外線透過フィルタ１２を用いることで、可視光などの影響を受けずより鮮明な画像を得ることができる。カバー１０は、外光の遮断と、発光デバイス３を担持する支持体の役目を担うため、可視光、赤外光共に透過しない材料で形成する。ガイド１１も同様に、可視光、赤外光共に透過しない材料で形成する。

［０１７０］

本発明の一態様の発光デバイスは、平面状に発光領域を形成できるうえ、可とう性を持たせることが可能であるため、透過型の静脈認証装置であっても光源部をコンパクトに形成することができる。また、発光効率が良好であることから消費電力を低減することもできる。

［０１７１］

図９は反射型の静脈認証装置を表す図である。反射型の静脈認証装置は小型化に優れ、スマートフォンやスマートウォッチ等モバイル機器等へも応用されている。通常は、近赤外発光のＬＥＤを数個縦に並べて光源とするが、本発明の一態様の発光デバイスを発光デバイス３として用いることで、ムラのない近赤外光を照射することができ、認証制度が向上する。また、本発明の一態様の発光デバイスは非常に薄く形成することも可能である為、さらなる小型化も実現することができる。また、発光効率が良好であることから消費電力を低減することもでき、よりモバイル機器への適用に好適である。

［０１７２］

なお、本発明の一態様の発光デバイスは、静脈認証システムだけにとどまらず、糖度センサや脳血流測定、脈拍測定、心電図測定、血流中の酸素濃度測定など、近赤外光を使用するあらゆる装置、システムに応用が可能である。可とう性を有せしめることができること、面状に発光領域を得ることができること、発光デバイス自体が非常に薄くできることから小型化や、機器のデザインの自由度に大いに貢献する。また、発光効率が良好であることから消費電力を低減することもできる。

［０１７３］

（実施の形態５）

本実施の形態では、実施の形態１に記載の発光デバイスをその一部に含む電子機器の例について説明する。実施の形態１に記載の発光デバイスは発光効率が良好であり、消費電力の小さい発光デバイスである。その結果、本実施の形態に記載の電子機器は、消費電力が小さい発光部を有する電子機器とすることが可能である。

［０１７４］

上記発光デバイスを適用した電子機器として、例えば、テレビジョン装置（テレビ、またはテレビジョン受信機ともいう）、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、スマートウォッチ、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。

［０１７５］

図５Ａは、テレビジョン装置の一例を示している。テレビジョン装置は、筐体７１０１に表示部７１０３が組み込まれている。また、ここでは、スタンド７１０５により筐体７１０１を支持した構成を示している。表示部７１０３により、映像を表示することが可能であり、表示部７１０３は、実施の形態１に記載の発光デバイスをマトリクス状に配列して構成されている。

［０１７６］

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。

［０１７７］

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。

［０１７８］

図５Ｂ１はコンピュータであり、本体７２０１、筐体７２０２、表示部７２０３、キーボード７２０４、外部接続ポート７２０５、ポインティングデバイス７２０６等を含む。なお、このコンピュータは、実施の形態１に記載の発光デバイスをマトリクス状に配列して表示部７２０３に用いることにより作製される。図５Ｂ１のコンピュータは、図５Ｂ２のような形態であっても良い。図５Ｂ２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。

［０１７９］

図５Ｃは、携帯端末の一例を示している。携帯電話機は、筐体７４０１に組み込まれた表示部７４０２の他、操作ボタン７４０３、外部接続ポート７４０４、スピーカ７４０５、マイク７４０６などを備えている。なお、携帯電話機は、実施の形態１に記載の発光デバイスをマトリクス状に配列して作製された表示部７４０２を有していてもよい。

［０１８０］

図５Ｃに示す携帯端末は、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。

［０１８１］

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。

［０１８２］

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。

［０１８３］

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

［０１８４］

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。

［０１８５］

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

［０１８６］

表示部７４０２は、イメージセンサとして機能させることもできる。例えば、表示部７４０２に掌や指で触れ、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、表示部に実施の形態１に記載の発光デバイスを搭載すれば、指静脈、掌静脈などを撮像することもできる。

［０１８７］

図６Ａは、掃除ロボットの一例を示す模式図である。

［０１８８］

掃除ロボット５１００は、上面に配置されたディスプレイ５１０１、側面に配置された複数のカメラ５１０２、ブラシ５１０３、操作ボタン５１０４を有する。また図示されていないが、掃除ロボット５１００の下面には、タイヤ、吸い込み口等が備えられている。掃除ロボット５１００は、その他に赤外線センサ、超音波センサ、加速度センサ、ピエゾセンサ、光センサ、ジャイロセンサなどの各種センサを備えている。また、掃除ロボット５１００は、無線による通信手段を備えている。本発明の一態様の発光デバイスは、当該センサや通信手段として搭載されていても良い。

［０１８９］

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

［０１９０］

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

［０１９１］

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

［０１９２］

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

［０１９３］

本発明の一態様の発光装置はディスプレイ５１０１に用いても良い。

［０１９４］

図６Ｂに示すロボット２１００は、演算装置２１１０、照度センサ２１０１、マイクロフォン２１０２、上部カメラ２１０３、スピーカ２１０４、ディスプレイ２１０５、下部カメラ２１０６、障害物センサ２１０７および移動機構２１０８を備える。

［０１９５］

マイクロフォン２１０２は、使用者の話し声及び環境音等を検知する機能を有する。また、スピー

カ２１０４は、音声を発する機能を有する。ロボット２１００は、マイクロフォン２１０２およびスピーカ２１０４を用いて、使用者とコミュニケーションをとることが可能である。

［０１９６］

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

［０１９７］

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

［０１９８］

図６Ｃはゴーグル型ディスプレイの一例を表す図である。ゴーグル型ディスプレイは、例えば、筐体５０００、表示部５００１、スピーカ５００３、ＬＥＤランプ５００４、接続端子５００６、センサ５００７（力、変位、位置、速度、加速度、角速度、回転数、距離、光、液、磁気、温度、化学物質、音声、時間、硬度、電場、電流、電圧、電力、放射線、流量、湿度、傾度、振動、におい、又は赤外線を測定する機能を含むもの）、マイクロフォン５００８、表示部５００２、支持部５０１２、イヤホン５０１３等を有する。

［０１９９］

本発明の一態様の発光装置はセンサ５００７、表示部５００１および表示部５００２に用いることができる。

［０２００］

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

［０２０１］

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

［０２０２］

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

［０２０３］

また、図１１Ａ～図１１Ｃに、折りたたみ可能な携帯情報端末９３１０を示す。図１１Ａに展開し

た状態の携帯情報端末９３１０を示す。図１１Ｂに展開した状態又は折りたたんだ状態の一方から他方に変化する途中の状態の携帯情報端末９３１０を示す。図１１Ｃに折りたたんだ状態の携帯情報端末９３１０を示す。携帯情報端末９３１０は、折りたたんだ状態では可搬性に優れ、展開した状態では、継ぎ目のない広い表示領域により表示の一覧性に優れる。

［０２０４］

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

［０２０５］

なお、本実施の形態に示す構成は、実施の形態１乃至実施の形態３に示した構成を適宜組み合わせて用いることができる。

［０２０６］

以上の様に実施の形態１に記載の発光デバイスを備えた発光装置の適用範囲は極めて広く、この発光装置をあらゆる分野の電子機器に適用することが可能である。実施の形態１に記載の発光デバイスを用いることにより消費電力の小さい電子機器を得ることができる。

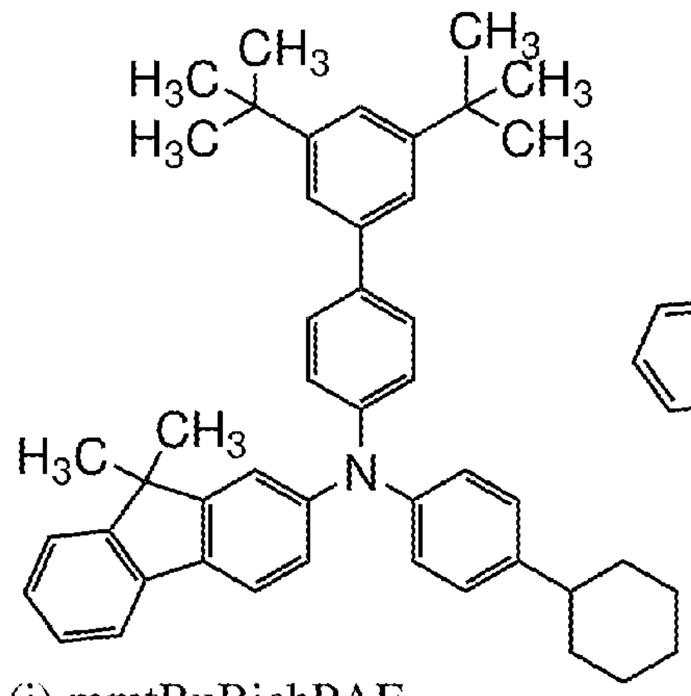
［実施例１］

［０２０７］

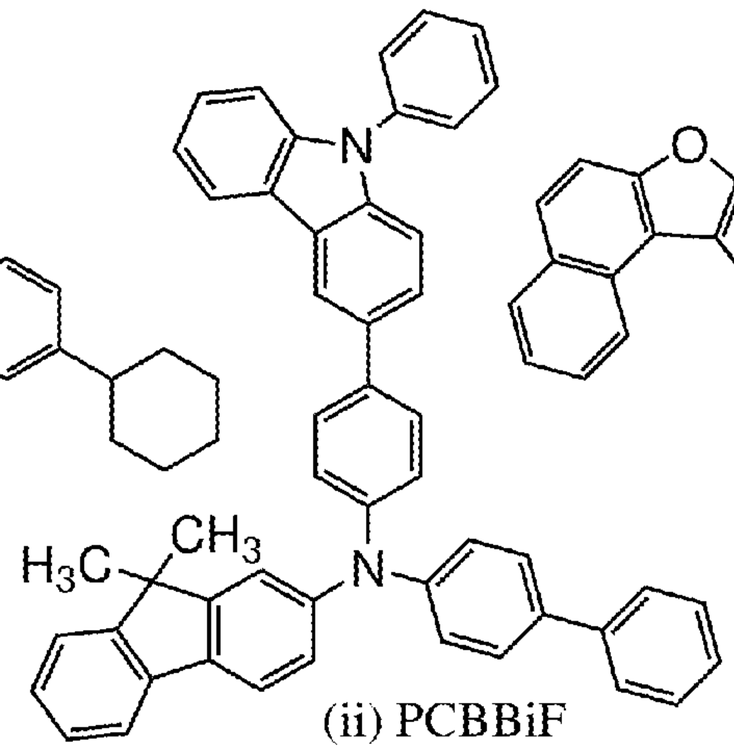
本実施例では、本発明の一態様の発光デバイスである発光デバイス１および比較用の発光デバイスでは比較発光デバイス１について説明する。発光デバイス１および比較発光デバイス１で用いた有機化合物の構造式を以下に示す。

［０２０８］

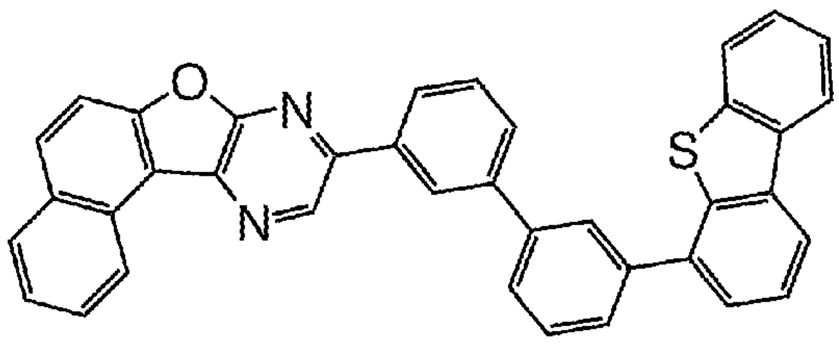
［化６］



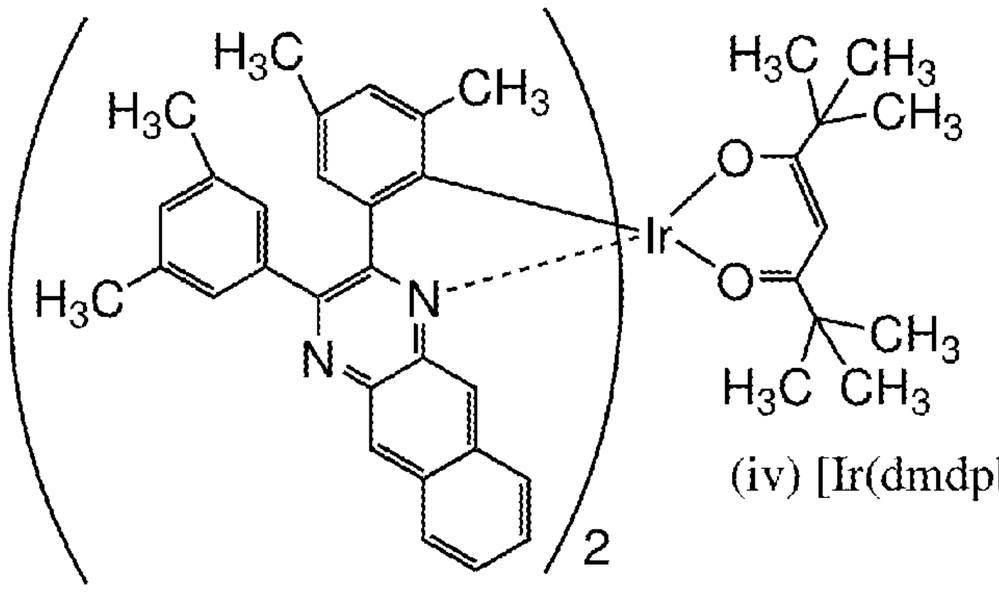
(i) mmtBuBichPAF



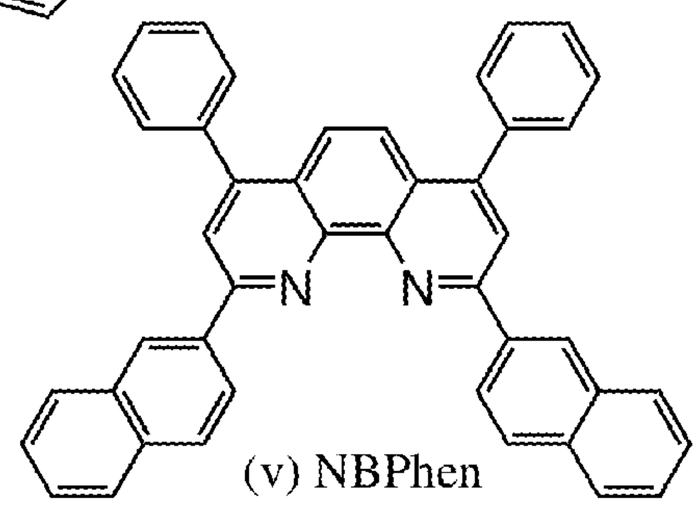
(ii) PCBBiF



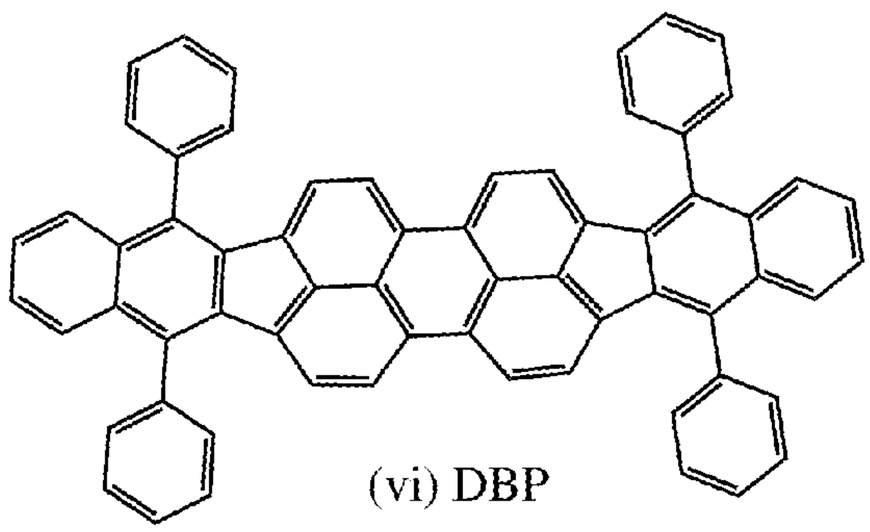
(iii) 9mDBtBPNfpr



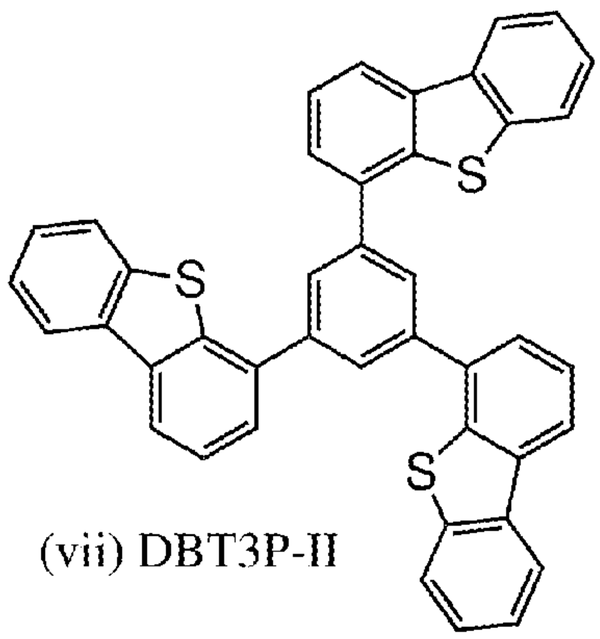
(iv) [Ir(dmdpbq)$_2$(dpm)]



(v) NBPhen



(vi) DBP



(vii) DBT3P-II

［０２０９］

(発光デバイス１の作製方法)

まず、ガラス基板上に、反射電極として、銀（Ａｇ）とパラジウム（Ｐｄ）と銅（Ｃｕ）の合金膜（Ａｇ－Ｐｄ－Ｃｕ（ＡＰＣ）膜）をスパッタリング法により、１００ｎｍの膜厚で成膜した後、透明電極として酸化珪素を含むインジウム錫酸化物（ＩＴＳＯ）をスパッタリング法により、１０ｎｍの膜厚で成膜して陽極１０１を形成した。なお、その電極面積は４ｍｍ^2（２ｍｍ×２ｍｍ）とした。

［０２１０］

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

［０２１１］

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

［０２１２］

次に、陽極１０１が形成された面が下方となるように、陽極１０１が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、陽極１０１上に、抵抗加熱を用いた蒸着法により上記構造式（ｉ）で表されるＮ－（４－シクロヘキシルフェニル）－Ｎ－（３’’，５’’－ジターシャリーブチル－１，１’’－ビフェニル－４－イル）－Ｎ－（９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２イル）アミン（略称：ｍｍｔＢｕＢｉｃｈＰＡＦ）と、ＡＬＤ－ＭＰ００１Ｑ（分析工房株式会社、材料シリアル番号：１Ｓ２０１７０１２４）とを、重量比で１：０．１（＝ｍｍｔＢｕＢｉｃｈＰＡＦ：ＡＬＤ－ＭＰ００１Ｑ）となるように、１０ｎｍ共蒸着して正孔注入層１１１を形成した。

［０２１３］

次に、正孔注入層１１１上に、第１の正孔輸送層として、ｍｍｔＢｕＢｉｃｈＰＡＦを５５ｎｍとなるように蒸着した後、第２の正孔輸送層として、上記構造式（ｉｉ）で表されるＮ－（１，１’－ビフェニル－４－イル）－Ｎ－［４－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）フェニル］－９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２－アミン（略称：ＰＣＢＢｉＦ）を１０ｎｍとなるように蒸着して正孔輸送層１１２を形成した。なお、第２の正孔輸送層は電子ブロック層としても機能する。

［０２１４］

続いて、上記構造式（ｉｉｉ）で表される９－［３’－（ジベンゾチオフェン－４－イル）ビフェニル－３－イル］ナフト［１’，２’：４，５］フロ［２，３－ｂ］ピラジン（略称：９ｍＤＢｔＢＰＮｆｐｒ）と、ＰＣＢＢｉＦと、上記構造式（ｉｖ）で表されるビス｛４，６－ジメチル－２－［３－（３，５－ジメチルフェニル）－２－ベンゾ［ｇ］キノキサリニル－κＮ］フェニル－κＣ｝（２，２，６，６－テトラメチル－３，５－ヘプタンジオナト－κ２Ｏ，Ｏ’）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｉｒ（ｄｍｄｐｂｑ）$_2$（ｄｐｍ）］）とを、重量比０．７：０．３：０．０２５（＝９ｍＤＢｔＢＰＮｆｐｒ：ＰＣＢＢｉＦ：［Ｉｒ（ｄｍｄｐｂｑ）$_2$（ｄｐｍ）］）となるように１０ｎｍ共蒸着して発光層１１３を形成した。

［０２１５］

その後、発光層１１３上に、第１の電子輸送層として９ｍＤＢｔＢＰＮｆｐｒを２０ｎｍの膜厚となるように蒸着した後、第２の電子輸送層として上記構造式（ｖ）で表される２，９－ジ（２－ナフチル）－４，７－ジフェニル－１，１０－フェナントロリン（略称：ＮＢＰｈｅｎ）を６５ｎｍの膜厚となるように蒸着し、電子輸送層１１４を形成した。

［０２１６］

電子輸送層１１４を形成した後、ＬｉＦを膜厚１ｎｍとなるように蒸着して電子注入層１１５を形成し、銀（Ａｇ）とマグネシウム（Ｍｇ）との体積比を１：０．１、膜厚３０ｎｍとなるように蒸着することで陰極１０２を形成した。最後に、陰極１０２に接して上記構造式（ｖｉ）で表される５，１０，１５，２０－テトラフェニルビスベンゾ［５，６］インデノ［１，２，３－ｃｄ：１’，２’，３’－ｌｍ］ペリレン（略称：ＤＢＰ）を１００ｎｍとなるように蒸着して第１の層を形成し、発光デバイス１を作製した。なお、陰極１０２は光を反射する機能と光を透過する機能とを有

する半透過・半反射電極であり、本実施例の発光デバイス１は陰極１０２から光を取り出すトップエミッションの素子である。

［０２１７］

（比較発光デバイス１の作製方法）

比較発光デバイス１は、発光デバイス１における第１の層を、上記構造式（ｖｉｉ）で表される４，４’，４’’－（ベンゼン－１，３，５－トリイル）トリ（ジベンゾチオフェン）（略称：ＤＢＴ３Ｐ－ＩＩ）を１１５ｎｍとなるように蒸着して形成した他は発光デバイス１と同様に作製した。

［０２１８］

発光デバイス１および比較発光デバイス１の素子構造を以下の表にまとめる。

［０２１９］

［表１］

		膜厚	発光ﾃﾞﾊﾞｲｽ1	比較発光ﾃﾞﾊﾞｲｽ1
第1の層		*1	DBP	DBT3P-II
陰極		30nm	Ag:Mg (10:1)	
電子注入層		1nm	LiF	
電子輸送層	2	65nm	NBPhen	
	1	20nm	9mDBtBPNfpr	
発光層		10nm	9mDBtBPNfpr:PCBBiF:Ir(dmdpbq)$_2$(dpm) (0.7:0.3:0.025)	
正孔輸送層	2	10nm	PCBBiF	
	1	55nm	mmtBuBichPAF	
正孔注入層		10nm	mmtBuBichPAF:ALD-MP001Q (1:0.1)	
陽極	2	10nm	ITSO	
	1	100nm	APC	

*1 発光ﾃﾞﾊﾞｲｽ１:100nm, 比較発光ﾃﾞﾊﾞｲｽ1:115nm

［０２２０］

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

［０２２１］

発光デバイス１および比較発光デバイス１の放射発散度－電流密度特性を図１２に、放射発散度－電圧特性を図１３に、放射束－電流密度特性を図１４に、電流－電圧特性を図１５に、外部量子効率－電流密度特性を図１６に、１０ｍＡ／ｃｍ^{2}の電流密度で電流を流した際のＥＬ発光スペクトルを図１７に示す。また、発光デバイス１および比較発光デバイス１の電流密度１０ｍＡ／ｃｍ^2

付近における主要な特性を表２に示す。なお、放射発散度、放射束、外部量子効率は、デバイスの配光特性がランバーシアン型と仮定し、近赤外分光放射計（ＳＲ－ＮＩＲ、トプコン社製）を用いて算出した。

［０２２２］

［表２］

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm^2)	放射輝度 (W/sr/m^2	放射束 (mW)	外部量子効率(%)	ｴﾈﾙｷﾞｰ効率 (%)
発光デバイス1	3.5	0.435	10.9	7.43	0.0934	13.9	6.1
比較発光デバイス1	3.4	0.359	9.0	5.96	0.0749	13.4	5.9

［０２２３］

図１２乃至図１７及び表２より、発光デバイス１および比較発光デバイス１は、特性の良好な近赤外発光デバイスであることがわかったが、発光デバイス１は、陰極１０２に接してＤＢＰの層を設けたことにより、外部量子効率が向上していることがわかった。

［０２２４］

また、電流密度７５ｍＡ／ｃｍ^{2}における輝度を初期輝度で規格化した場合の駆動時間に対する輝度の変化を表すグラフを図１８に示した。図１８で示すように、発光デバイス１および比較発光デバイス１は、４５０時間経過時点でも初期輝度の９５％以上の輝度を保っており、駆動時間の蓄積に伴う輝度低下が特に小さく、非常に寿命の良好な発光デバイスであることがわかった。

［０２２５］

ここで、発光デバイス１における第１の層の膜厚を変化させた発光デバイス１－１乃至１－４と、比較発光デバイスにおける第１の層の膜厚を各々変化させた比較発光デバイス１－１乃至１－４を作製した。各発光デバイスにおける第１の層の膜厚を表３にまとめた。

［０２２６］

［表３］

第1の層の膜厚	100nm	115nm	130nm	145nm
発光デバイス	1-1	1-2	1-3	1-4
比較発光デバイス	1-1	1-2	1-3	1-4

［０２２７］

これらの発光デバイスに電流を５ｍＡ／ｃｍ^{2}の電流密度で流した際の外部量子効率を、上記第１の層の膜厚に対してプロットしたグラフを図１９に示す。

［０２２８］

図１９における本発明の一態様の発光デバイスの最大の外部量子効率は１５．５％であり、比較の発光デバイスの最大の外部量子効率の１４．７％と比較して約１．０５倍となっていた。本発明の一態様の発光デバイスは、第１の層の膜厚を１００ｎｍよりも薄くすることによって、さらに外部量子効率が伸びる余地を残していると考えられることから、本発明の発光デバイスは、比較の発光デバイスの少なくとも１．０５倍以上の効率を実現することができるということができる。なお、

上記の外部量子効率は、デバイスの配光特性がランバーシアン型と仮定した効率である。本発明の一態様の発光デバイスの配光特性を測定したところ、配光ランバーシアン比で４６．２％であった。このことから、本発明の一態様の発光デバイスの真の外部量子効率の最大値は７．２％であった。

［０２２９］

また、発光デバイス１、発光デバイス１－１乃至１－４の第１の層として用いたＤＢＰと、比較発光デバイス１、比較発光デバイス１－１乃至１－４の第１の層として用いたＤＢＴ３Ｐ－ＩＩの屈折率ｎと消衰係数ｋを測定した結果について図２０Ａ、図２０Ｂおよび図２１Ａ、図２１Ｂに示す。屈折率ｎおよび消衰係数ｋは、分光エリプソメーター（ジェー・エー・ウーラム・ジャパン社製、Ｍ－２０００Ｕ）を用いて測定した。測定には、石英基板上に材料を真空蒸着法により約５０ｎｍ成膜した膜を使用した。

［０２３０］

なお、図２０、図２１中、ＡはＤＢＰの結果を、ＢはＤＢＴ３Ｐ－ＩＩの結果を示している。また、図２０、図２１中、実線は通常光線における屈折率ｎまたは消衰係数ｋ、点線は異常光線における屈折率ｎまたは消衰係数ｋを表している。

［０２３１］

図２０よりＤＢＰの屈折率は、波長が７００ｎｍから１０００ｎｍの範囲においてＤＢＴ３Ｐ－ＩＩよりも高く、より効率的にＥＬ層からの発光を取り出すことが可能であることがわかる。

［０２３２］

また、図２１よりＤＢＰは可視光の波長範囲において大きな消衰係数を有しており、可視光領域の吸収が大きいことがわかる。一方でＤＢＴ３Ｐ－ＩＩは可視光領域における消衰係数の値が非常に小さく、可視光領域における吸収も非常に小さいことが示唆されている。

［０２３３］

図２２は、発光デバイス１および比較発光デバイス１に５Ｖの電圧をかけた際の分光放射輝度－波長特性を表すグラフである。グラフ中、３８０～７８０ｎｍの波長範囲は分光放射計（トプコン社製、ＳＲ－ＵＬ１Ｒ）を、７８１～１０３０ｎｍの波長範囲は近赤外分光放射計（トプコン社製、ＳＲ－ＮＩＲ）を用いて測定した。

［０２３４］

発光デバイス１は、第１の層に可視光範囲に大きな消衰係数ｋを有するＤＢＰを用いていることから、可視光範囲に大きな消衰係数ｋを有さないＤＢＴ３Ｐ－ＩＩを用いた比較発光デバイス１と比較して可視光領域における発光が小さくなっていることがわかる。

［０２３５］

また、電圧３．６Ｖ印加時における輝度（ｃｄ／ｍ^2）が発光デバイス１は０．５９８ｃｄ／ｍ^2、比較発光デバイス１は１．１４ｃｄ／ｍ^{2}であった。輝度（ｃｄ／ｍ^2）は視感度が関係する単位であることから、発光デバイス１では可視光領域の発光が比較発光デバイス１と比較して十分に小さくなっていることがわかる。

［０２３６］

一方、同条件における放射輝度（Ｗ／ｓｒ／ｍ^2）は、発光デバイス１では１０．２Ｗ／ｓｒ／ｍ^2、比較発光デバイス１では９．８７Ｗ／ｓｒ／ｍ^{2}であった。放射輝度（Ｗ／ｓｒ／ｍ^2）は放射源の表面上の点からある方向へと放出される放射束を表す物理量であり、視感度は関係しない。このことから、発光デバイス１から放射されるエネルギーは、第１の層をＤＢＰにしたことによって比較

発光デバイス１より大きくなっていることがわかった。可視光領域の輝度が減少していることから、この放射輝度（Ｗ／ｓｒ／ｍ^2）の上昇は、主として近赤外領域における放射エネルギーの増加、すなわち近赤外光の取り出し効率向上に由来するものである。

［０２３７］

これらの結果より、本発明の一態様の発光デバイスは、非常に効率が良好で且つ視認されにくい近赤外発光デバイスであることがわかる。

［０２３８］

また、本発光デバイスは、非常に信頼性も高く、良好な特性を備えた近赤外発光デバイスであることがわかった。

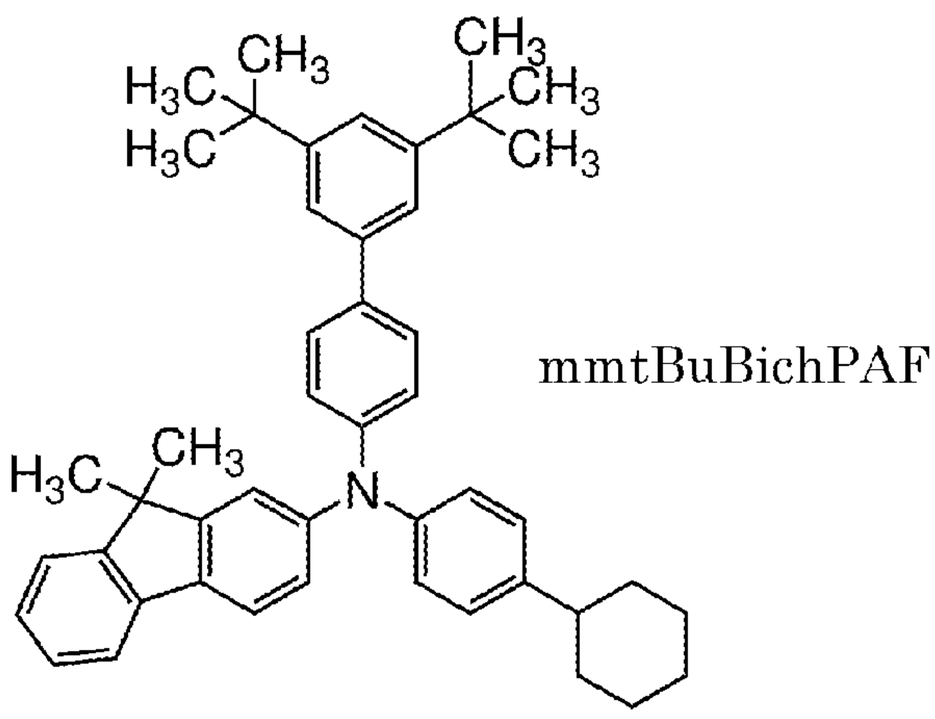
［０２３９］

（参考例１）

本参考例では、実施例で使用した有機化合物、Ｎ－（４－シクロヘキシルフェニル）－Ｎ－（３’’，５’’－ジターシャリーブチル－１，１’’－ビフェニル－４－イル）－Ｎ－（９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２イル）アミン（略称：ｍｍｔＢｕＢｉｃｈＰＡＦ）の合成方法について説明する。ｍｍｔＢｕＢｉｃｈＰＡＦの構造を以下に示す。

［０２４０］

［化７］



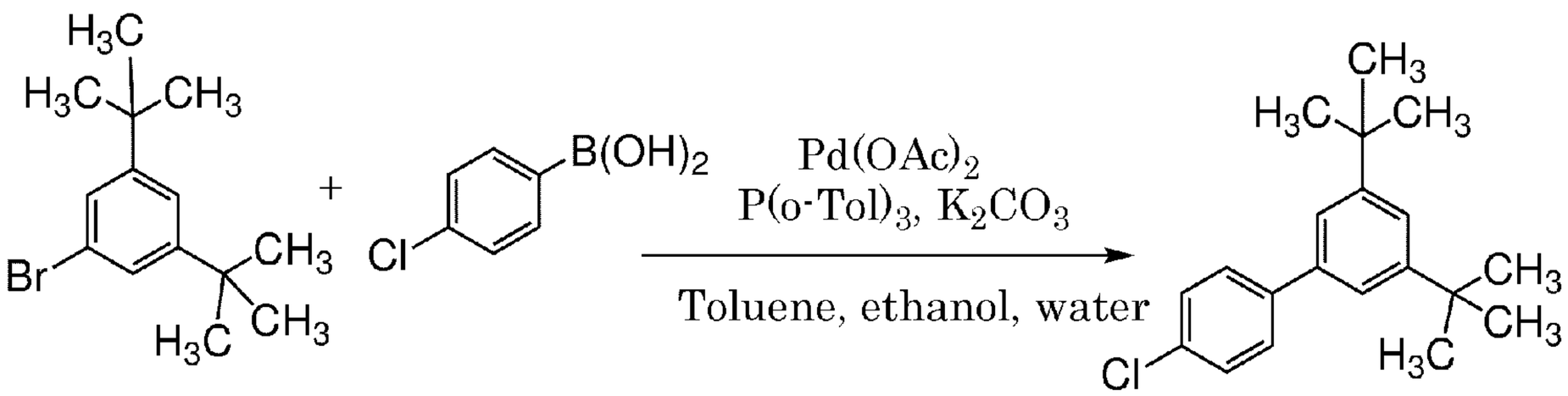
［０２４１］

＜ステップ１：３’，５’－ジターシャリーブチル－４－クロロ－１，１’－ビフェニルの合成＞

三口フラスコに３，５－ジターシャリーブチル－１－ブロモベンゼン１３．５ｇ（５０ｍｍｏｌ）、４－クロロフェニルボロン酸８．２ｇ（５２．５ｍｍｏｌ）、炭酸カリウム２１．８ｇ（１５８ｍｍｏｌ）、トルエン１２５ｍＬ、エタノール３１ｍＬ、水４０ｍＬを入れ、減圧下にて脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換した。この混合物に、酢酸パラジウム２２５ｍｇ（１．０ｍｍｏｌ）、トリス（２－メチルフェニル）ホスフィン６８０ｍｇ（２．０ｍｍｏｌ）を加え、８０℃にて約３時間加熱還流させた。その後、室温に戻し有機層と水層を分液した。この溶液に硫酸マグネシウムを加えて水分を乾燥させ濃縮した。得られた溶液をシリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製した。得られた溶液を濃縮し乾固させた。その後、ヘキサンを加え再結晶した。白色固体の析出した混合溶液を氷冷した後、ろ過した。得られた固体を約６０℃で真空乾燥させ、目的物である白色固体を９．５ｇ、収率６３％で得た。ステップ１の合成スキームを下式に示す。

［０２４２］

[化８]



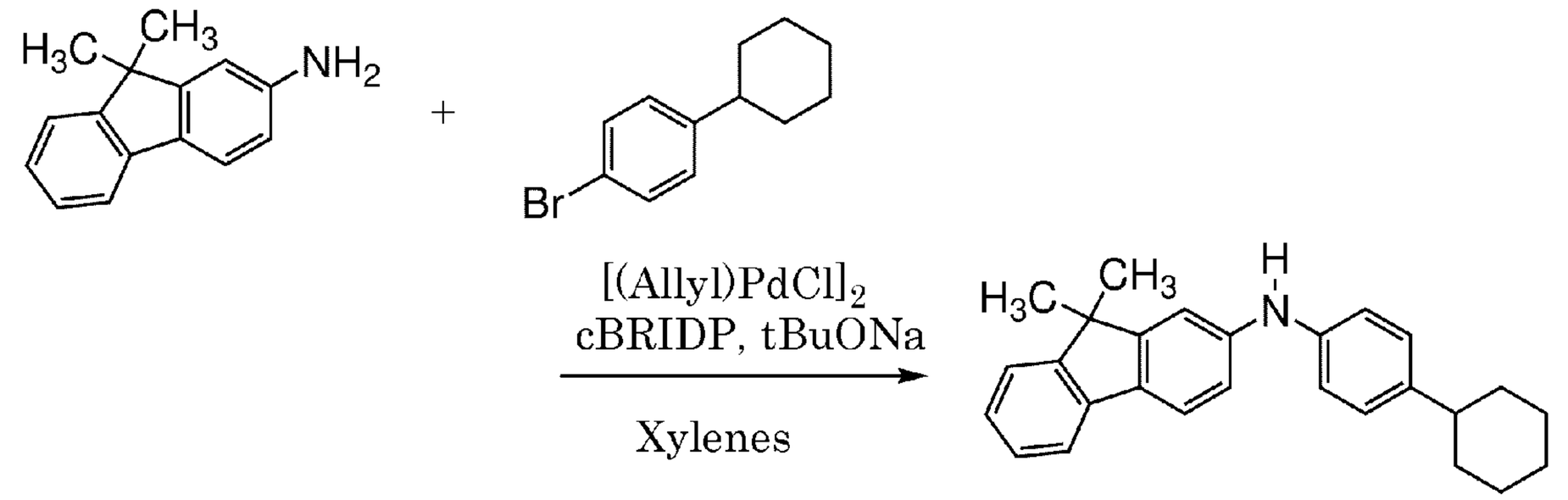
[０２４３]

＜ステップ２：Ｎ－（４－シクロヘキシルフェニル）－Ｎ－（９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２イル）アミンの合成＞

三口フラスコに９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２－アミン１０．５ｇ（５０ｍｍｏｌ）、４－シクロヘキシル－１－ブロモベンゼン１２．０ｇ（５０ｍｍｏｌ）、ナトリウム－ｔｅｒｔ－ブトキシド１４．４ｇ（１５０ｍｍｏｌ）、キシレン２５０ｍＬを入れ、減圧下に脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換した。この混合物を約５０℃まで加熱撹拌した。ここで、アリル塩化パラジウム二量体（ＩＩ）（略称：（ＡｌｌｙｌＰｄＣｌ）$_2$）１８３ｍｇ（０．５０ｍｍｏｌ）、ジ－ｔｅｒｔ－ブチル（１－メチル－２，２－ジフェニルシクロプロピル）ホスフィン（略称：ｃＢＲＩＤＰ（登録商標））８２１ｍｇ（２．０ｍｍｏｌ）を加え、この混合物を、９０℃にて約６時間加熱した。その後、フラスコの温度を約６０℃に下げ、水約４ｍＬを加え、析出した固体をろ別した。ろ液を濃縮し、得られた溶液をシリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製した。得られた溶液を濃縮し、濃厚なトルエン溶液を得た。このトルエン溶液を真空下に約６０℃で乾燥させ、目的物である茶褐色の油状物を１７．３ｇ、収率９２％で得た。ステップ１の合成スキームを下式に示す。

[０２４４]

[化９]



[０２４５]

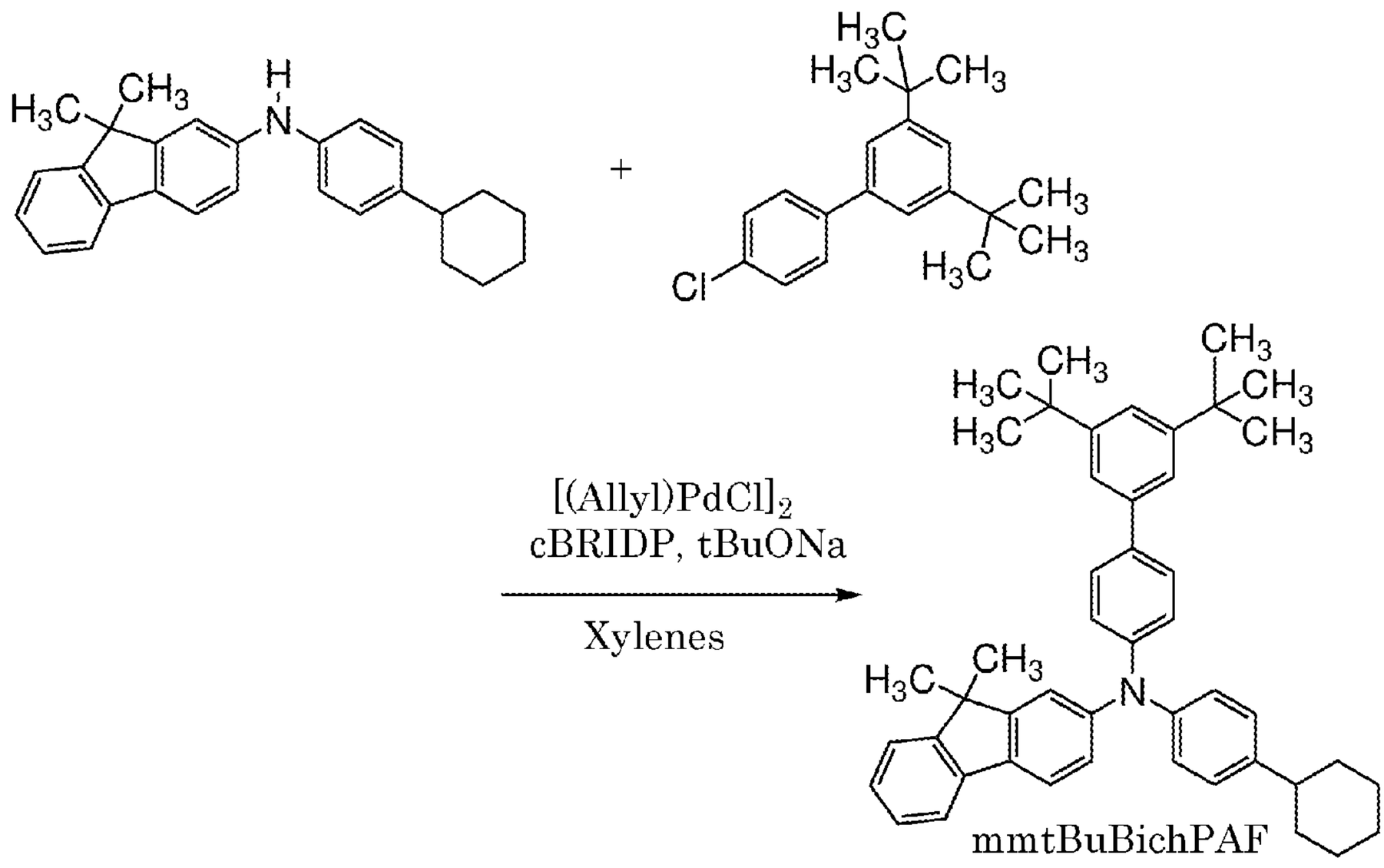
＜ステップ３：Ｎ－（４－シクロヘキシルフェニル）－Ｎ－（３’，５’－ジターシャリーブチル－１，１’－ビフェニル－４－イル）－Ｎ－（９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２イル）アミン（略称：ｍｍｔＢｕＢｉｃｈＰＡＦ）の合成＞

三口フラスコにステップ１で得られた３’，５’－ジターシャリーブチル－４－クロロ－１，１’－ビフェニル３．２ｇ（１０．６ｍｍｏｌ）、ステップ２で得られたＮ－（４－シクロヘキシルフェニル）－Ｎ－（９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２イル）アミン３．９ｇ（１０．６ｍｍ

ｏｌ）、ナトリウムｔｅｒｔ－ブトキシド３．１ｇ（３１．８ｍｍｏｌ）、キシレン５３ｍＬを入れ、減圧下にて脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換した。この混合物を約５０℃まで加熱撹拌した。ここで、アリル塩化パラジウム二量体（ＩＩ）（略称：（ＡｌｌｙｌＰｄＣｌ）$_2$）３９ｍｇ（０．１１ｍｍｏｌ）、ジｔｅｒｔ－ブチル（１－メチル－２，２－ジフェニルシクロプロピル）ホスフィン（略称：ｃＢＲＩＤＰ（登録商標））１５０ｍｇ（０．４２ｍｍｏｌ）を加え、この混合物を、１２０℃にて約３時間加熱した。その後、フラスコの温度を約６０℃に戻し、水約１ｍＬを加え、固体を析出させた。析出した固体をろ別した。ろ液を濃縮し、得られた溶液をシリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製した。得られた溶液を濃縮し、濃厚なトルエン溶液を得た。このトルエン溶液にエタノールを添加し、減圧濃縮しエタノール懸濁液を得た。約２０℃にて析出した固体をろ過し、得られた固体を約８０℃で減圧乾燥させ、目的物である白色固体を５．８ｇ、収率８７％で得た。ステップ３の合成スキームを下式に示す。

［０２４６］

［化１０］



［０２４７］

なお、上記ステップ３で得られた白色固体の核磁気共鳴分光法（^{1}Ｈ－ＮＭＲ）による分析結果を下に示す。これより、ｍｍｔＢｕＢｉｃｈＰＡＦが合成できたことがわかった。

［０２４８］

^{1}Ｈ－ＮＭＲ．δ（ＣＤＣｌ$_3$）：７．６３（ｄ，１Ｈ，Ｊ＝７．５Ｈｚ），７．５７（ｄ，１Ｈ，Ｊ＝８．０Ｈｚ），７．４４－７．４９（ｍ，２Ｈ），７．３７－７．４２（ｍ，４Ｈ），７．３１（ｔｄ，１Ｈ，Ｊ＝７．５Ｈｚ，２．０Ｈｚ），７．２３－７．２７（ｍ，２Ｈ），７．１５－７．１９（ｍ，２Ｈ），７．０８－７．１４（ｍ，４Ｈ），７．０５（ｄｄ，１Ｈ，Ｊ＝８．０Ｈｚ，２．０Ｈｚ），２．４３－２．５３（ｂｒｍ，１Ｈ），１．８１－１．９６（ｍ，４Ｈ），１．７５（ｄ，１Ｈ，Ｊ＝１２．５Ｈｚ），１．３２－１．４８（ｍ，２８Ｈ），１．２０－１．３１（ｂｒｍ，１Ｈ）．

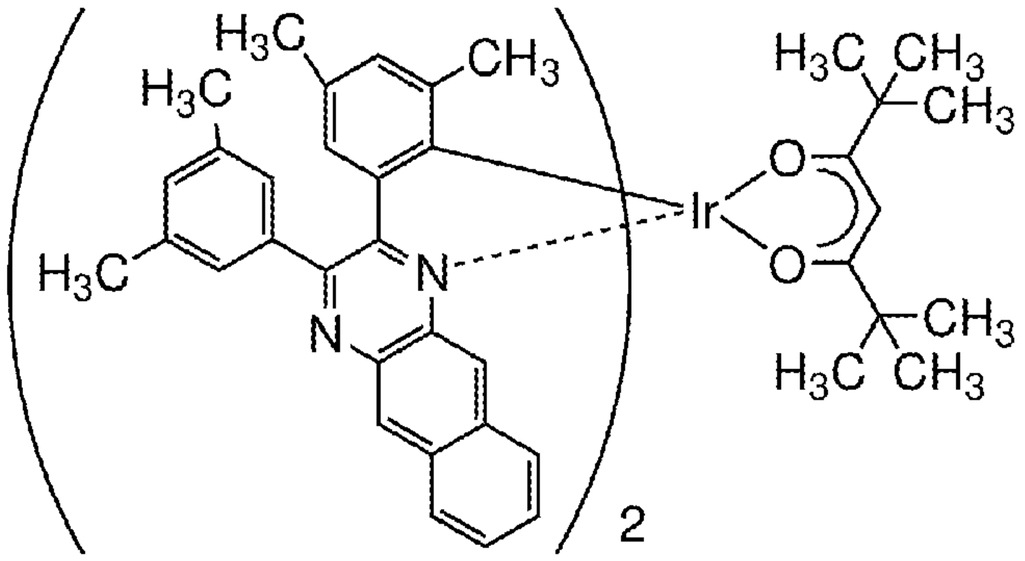
［０２４９］

（参考例２）

本参考例では、実施例１で使用したビス｛４，６－ジメチル－２－［３－（３，５－ジメチルフェニル）－２－ベンゾ［ｇ］キノキサリニル－κＮ］フェニル－κＣ｝（２，２，６，６－テトラメチル－３，５－ヘプタンジオナト－κ^{2}Ｏ，Ｏ’）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：［Ｉｒ（ｄｍｄｐｂｑ）$_2$（ｄｐｍ）］）の合成方法について説明する。

［０２５０］

［化１１］



[Ir(dmdpbq)$_2$(dpm)]

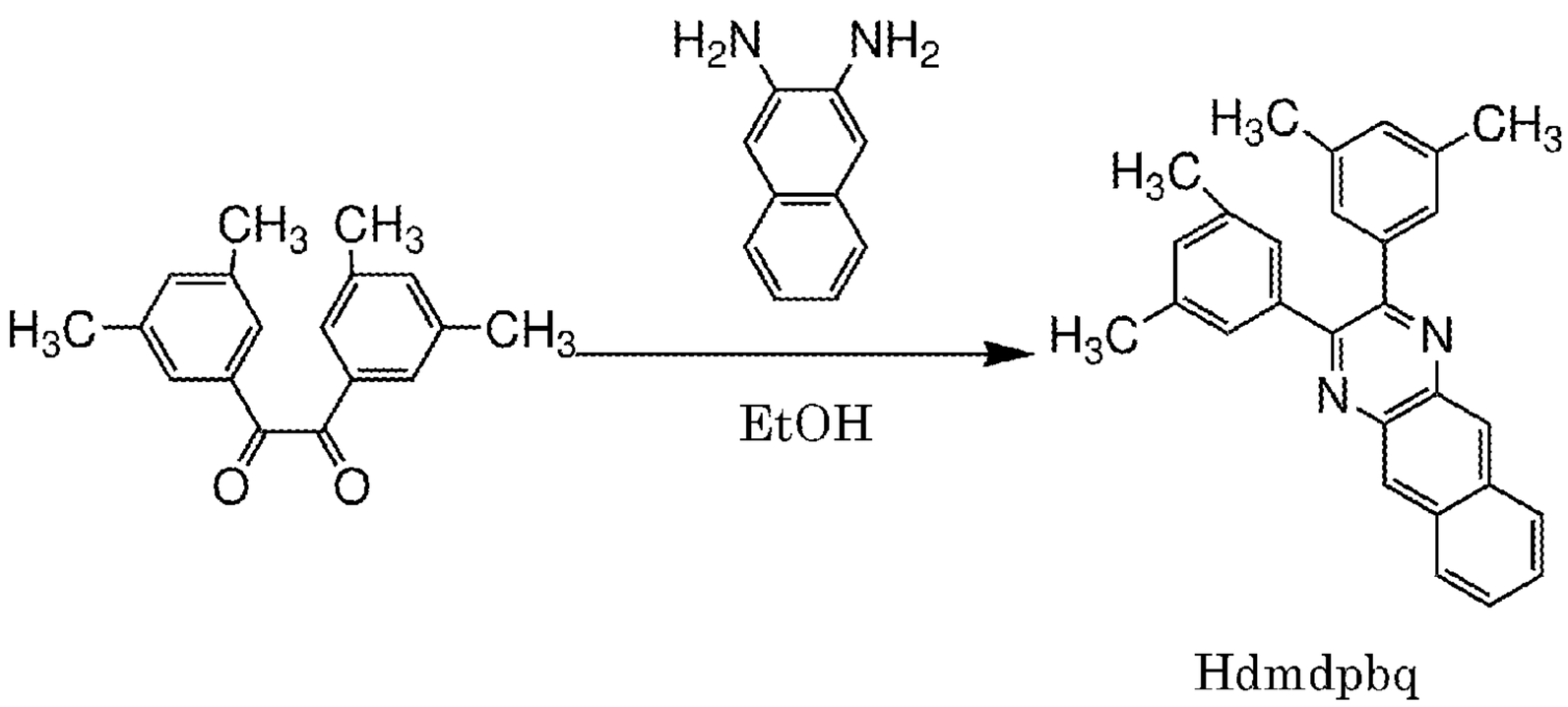
［０２５１］

＜ステップ１；２，３－ビス－（３，５－ジメチルフェニル）－２－ベンゾ［ｇ］キノキサリン（略称：Ｈｄｍｄｐｂｑ）の合成＞

３，３’，５，５’－テトラメチルベンジル３．２０ｇ、２，３－ジアミノナフタレン１．９７ｇ、エタノール６０ｍＬを、還流管を付けた三口フラスコに入れ、内部を窒素置換した後、９０℃で７時間半撹拌した。所定時間経過後、溶媒を留去した。その後、トルエン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で精製し、目的物を得た（黄色固体、収量３．７３ｇ、収率７９％）。ステップ１の合成スキームを下に示す。

［０２５２］

［化１２］



Hdmdpbq

［０２５３］

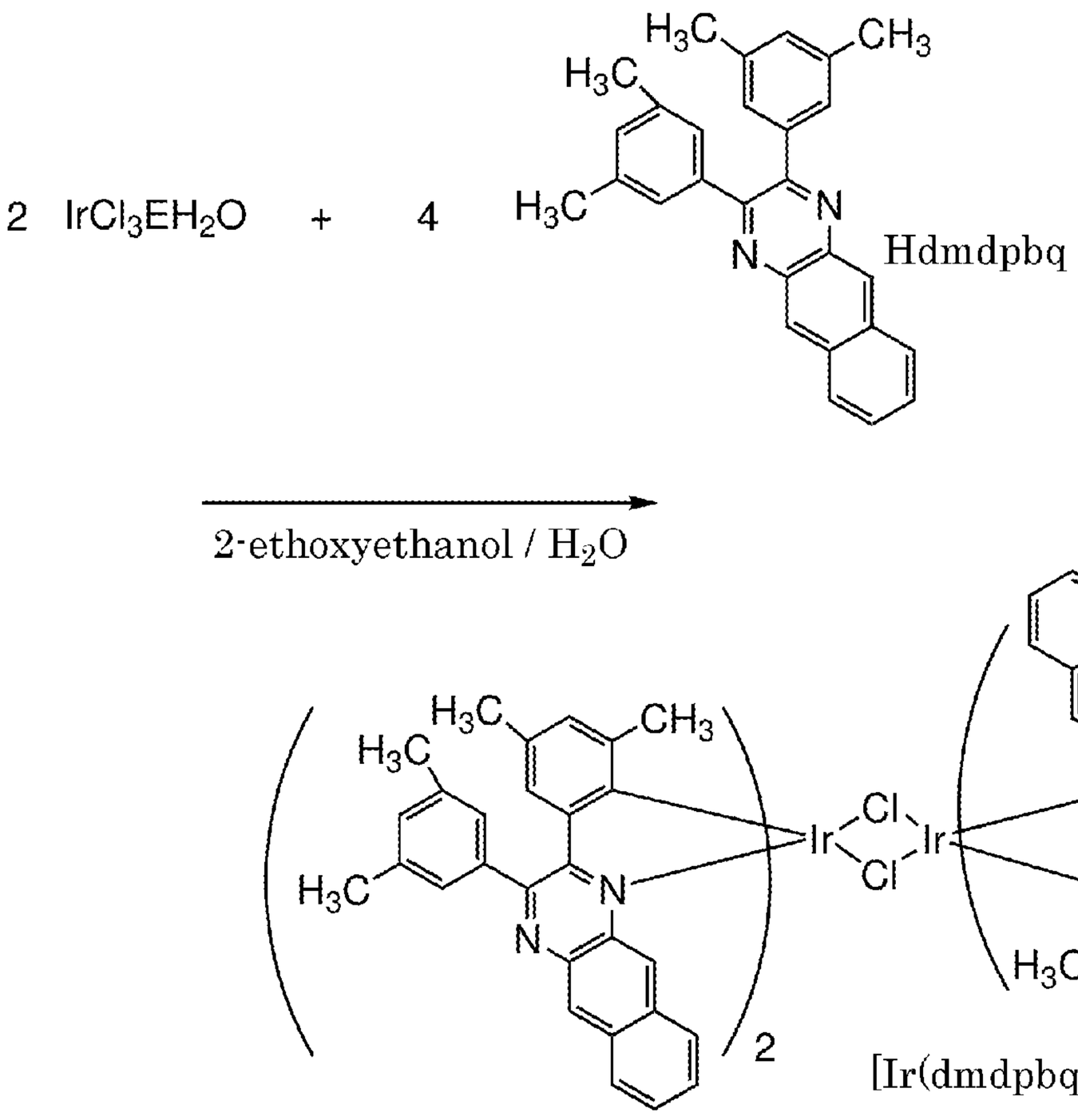
＜ステップ２；ジ－μ－クロロ－テトラキス｛４，６－ジメチル－２－［３－（３，５－ジメチルフェニル）－２－ベンゾ［ｇ］キノキサリニル－κＮ］フェニル－κＣ｝ジイリジウム（ＩＩＩ）

（略称：［Ｉｒ（ｄｍｄｐｂｑ）$_2$Ｃｌ］$_2$）の合成＞

２－エトキシエタノール１５ｍＬ、水５ｍＬ、ステップ１で得たＨｄｍｄｐｂｑ１．８１ｇ、及び、塩化イリジウム水和物（ＩｒＣｌ$_3$・Ｈ$_2$Ｏ）（フルヤ金属社製）０．６６ｇ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。所定時間経過後、得られた残渣をメタノールで吸引ろ過、洗浄し、目的物を得た（黒色固体、収量１．７６ｇ、収率８１％）。ステップ２の合成スキームを下に示す。

［０２５４］

［化１３］



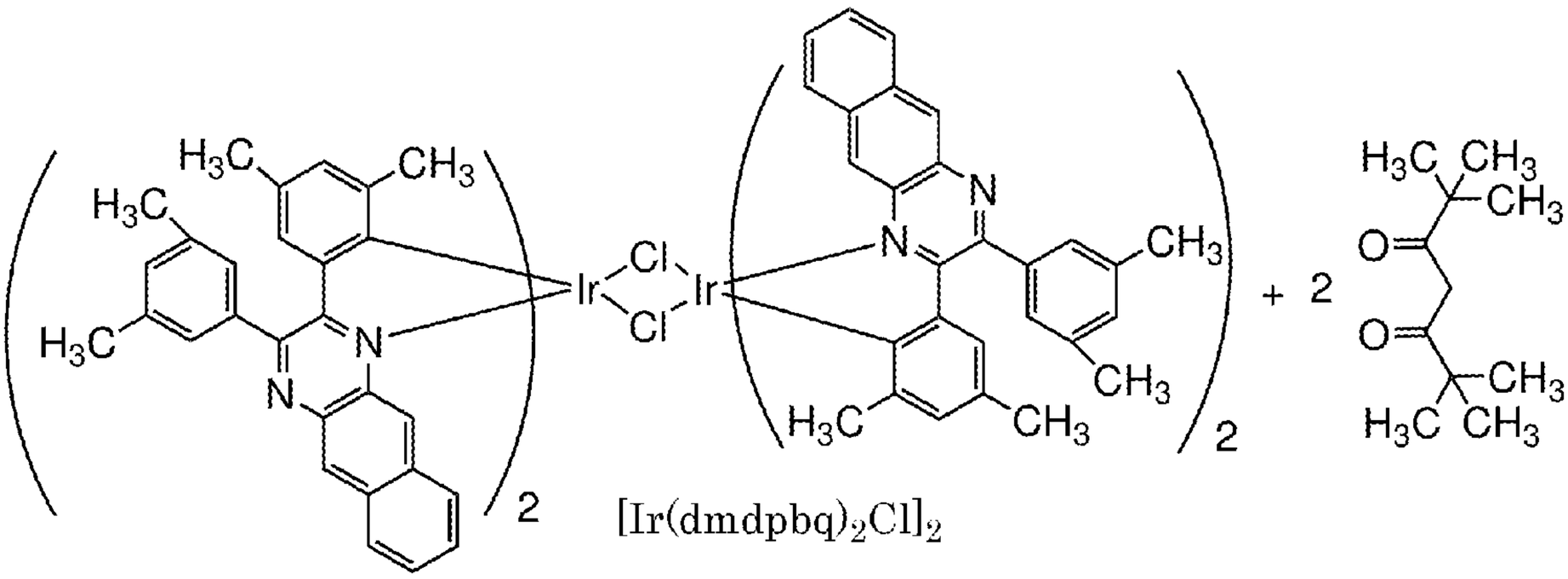
［０２５５］

＜ステップ３；［Ｉｒ（ｄｍｄｐｂｑ）$_2$（ｄｐｍ）］の合成＞

２－エトキシエタノール２０ｍＬ、ステップ２で得た［Ｉｒ（ｄｍｄｐｂｑ）$_2$Ｃｌ］$_2$１．７５ｇ、ジピバロイルメタン（略称：Ｈｄｐｍ）０．５０ｇ、及び、炭酸ナトリウム０．９５ｇ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３時間照射した。得られた残渣を、メタノールで吸引ろ過した後、水、メタノールで洗浄した。得られた固体を、ジクロロメタン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、目的物を得た（暗緑色固体、収量０．４２ｇ、収率２１％）。得られた暗緑色固体０．４１ｇ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２．７Ｐａ、アルゴンガスを流量１０．５ｍＬ／ｍｉｎで流しながら、３００℃で暗緑色固体を加熱した。昇華精製後、暗緑色固体を収率７８％で得た。ステップ３の合成スキームを下に示す。

［０２５６］

［化１４］



［０２５７］

ステップ３で得られた暗緑色固体の核磁気共鳴分光法（^{1}Ｈ－ＮＭＲ）による分析結果を下に示す。このことから、ステップ３で得られた暗緑色固体が［Ｉｒ（ｄｍｄｐｂｑ）$_2$（ｄｐｍ）］であることがわかった。

［０２５８］

得られた物質の^{1}Ｈ　ＮＭＲデータを以下に示す。

^{1}Ｈ－ＮＭＲ．δ（CD_2Cl_2）：０．７５（ｓ，１８Ｈ），０．９７（ｓ，６Ｈ），２．０１（ｓ，６Ｈ），２．５２（ｓ，１２Ｈ），４．８６（ｓ，１Ｈ），６．３９（ｓ，２Ｈ），７．１５（ｓ，２Ｈ），７．３１（ｓ，２Ｈ），７．４４－７．５１（ｍ，４Ｈ），７．８０（ｄ，２Ｈ），７．８６（ｓ，４Ｈ），８．０４（ｄ，２Ｈ），８．４２（ｓ，２Ｈ），８．５８（ｓ，２Ｈ）．

［符号の説明］

［０２５９］

１：指、２：入力装置、３：発光デバイス、４：撮像デバイス、５：画像入力部、６：入力部、７：メモリ、８：ＣＰＵ、９：データベース、１０：カバー、１１：ガイド、１２：近赤外線透過フィルタ、１００：絶縁表面、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、１３０：有機ＥＬデバイス、１４０：第１の層、１５０：発光デバイス、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、６０５：シール材、６０７：空間、６０８：配線、６０９：ＦＰＣ（フレキシブルプリントサーキット）、６１０：素子基板、６１１：スイッチング用ＦＥＴ、６１２：電流制御用ＦＥＴ、６１３：第１の電極、６１４：絶縁物、６１６：ＥＬ層、６１７：第２の電極、６１８：発光デバイス、９５１：基板、９５２：電極、９５３：絶縁層、９５４：隔壁層、９５５：ＥＬ層、９５６：電極、２１００：ロボット、２１１０：演算装置、２１０１：照度センサ、２１０２：マイクロフォン、２１０３：上部カメラ、２１０４：スピーカ、２１０５：ディスプレイ、２１０６：下部カメラ、２１０７：障害物センサ、２１０８：移動機構、５０００：筐体、５００１：表示部、５００２：表示部、５００３：スピーカ、５００４：ＬＥＤランプ、５００６：接続端子、５００７：センサ、５００８：マイクロフォン、５０１２：支持部、５０１３：イヤホン、５１００：掃除ロボット、５１０１：ディスプレイ、５１０２：カメラ、５１０３：ブラシ、５１０４：操作ボタン、５１５０：携帯情報端末、５１５１：筐体、５１５２：表示領域、５１５３：屈曲部、５１２０：ゴミ、７１０１：筐体、７１０３：表示部、７１０５：スタンド、７１０７：表示部、７１０９：操作キー、７１１０：リモコン操作機、７２０１：本体、７２０２：筐体、７２０３：表示部、７２０４：キーボード、７２０５：外部接続ポート、７２０６：ポインティングデバイス、７２１０：第２の表示部、７４０１：筐体、７４０２：表示部、７４０３：操作ボタン、７４０４：外部接続ポート、７４０５：スピーカ、７４０６：マイク、９３１０：携帯情報端末、９３１１：表示パネル、９３１３：ヒンジ、９３１５：筐体

請求の範囲

［請求項１］

第１の電極と、

第２の電極と、

ＥＬ層とを有し、

前記ＥＬ層は前記第１の電極と前記第２の電極との間に位置し、

前記ＥＬ層は、７５０ｎｍ以上１０００ｎｍ以下の波長範囲に発光スペクトルのピークを有する光を呈し、

前記第１の電極と前記第２の電極のどちらか一方は、前記ＥＬ層における発光スペクトルのピーク波長の光に対して透過性を有する電極であり、

前記透過性を有する電極は、前記透過性を有する電極に対して前記ＥＬ層が形成される面と反対の面に接して第１の層を有し、

前記第１の層は、有機化合物を含み、

前記第１の層は、消衰係数ｋが可視光領域において極大値を有する発光デバイス。

［請求項２］

第１の電極と、

第２の電極と、

ＥＬ層とを有し、

前記ＥＬ層は前記第１の電極と前記第２の電極との間に位置し、

前記ＥＬ層は、７５０ｎｍ以上１０００ｎｍ以下の波長範囲に発光スペクトルのピークを有する光を呈し、

前記第１の電極と前記第２の電極のどちらか一方は、前記ＥＬ層における発光スペクトルのピーク波長の光に対して透過性を有する電極であり、

前記透過性を有する電極は、前記透過性を有する電極に対して前記ＥＬ層が形成される面と反対の面に接して第１の層を有し、

前記第１の層は、有機化合物を含み、

前記第１の層の可視光領域における消衰係数ｋの最大値が０．０５以上である発光デバイス。

［請求項３］

第１の電極と、

第２の電極と、

ＥＬ層とを有し、

前記ＥＬ層は前記第１の電極と前記第２の電極との間に位置し、

前記ＥＬ層は、７５０ｎｍ以上１０００ｎｍ以下の波長範囲に発光スペクトルのピークを有する光を呈し、

前記第１の電極と前記第２の電極のどちらか一方は、前記ＥＬ層における発光スペクトルのピーク波長の光に対して透過性を有する電極であり、

前記透過性を有する電極は、前記透過性を有する電極に対して前記ＥＬ層が形成される面と反対の面に接して第１の層を有し、

前記第１の層は、有機化合物を含み、

前記第１の層の可視光領域における消衰係数ｋの最大値が０．２以上である発光デバイス。

［請求項４］
請求項１乃至請求項３のいずれか一項において、
前記第１の層の屈折率ｎが、前記ＥＬ層の発光スペクトルピーク波長において１．９以上である発光デバイス。
［請求項５］
請求項１乃至請求項４のいずれか一項において、
前記第１の電極と前記第２の電極のどちらか一方は、前記ＥＬ層における発光スペクトルのピーク波長の光に対して透過性を有する電極であり、他方は前記ＥＬ層における発光スペクトルのピーク波長の光に対して反射性を有する電極である発光デバイス。
［請求項６］
請求項５において、
前記透過性を有する電極は、前記ＥＬ層における発光スペクトルのピーク波長の光に対してさらに反射性を有する半透過半反射電極である発光デバイス。
［請求項７］
請求項１乃至請求項６のいずれか一項において、
前記第２の電極が透過性を有する電極であり、
前記第２の電極が陰極である発光デバイス。
［請求項８］
請求項１乃至請求項６のいずれか一項において、
前記第１の電極が透過性を有する電極であり、
前記第１の電極が陽極である発光デバイス。
［請求項９］
請求項１乃至請求項８のいずれか一項において、
前記第１の層に含まれる有機化合物が１種類である発光デバイス。
［請求項１０］
請求項１乃至請求項９のいずれか一項において、
前記第１の層に含まれる有機化合物が、抵抗加熱によって蒸着することが可能な物質である発光デバイス。
［請求項１１］
請求項１乃至請求項１０のいずれか一項に記載と発光デバイスと、センサ、操作ボタン、スピーカ、または、マイクと、
を有する電子機器。
［請求項１２］
請求項１乃至請求項１０のいずれか一項に記載の発光デバイスと、トランジスタ、または、基板と、
を有する発光装置。
［請求項１３］
請求項１乃至請求項１０のいずれか一項に記載の発光デバイスと、筐体と、を有する照明装置。

図1A

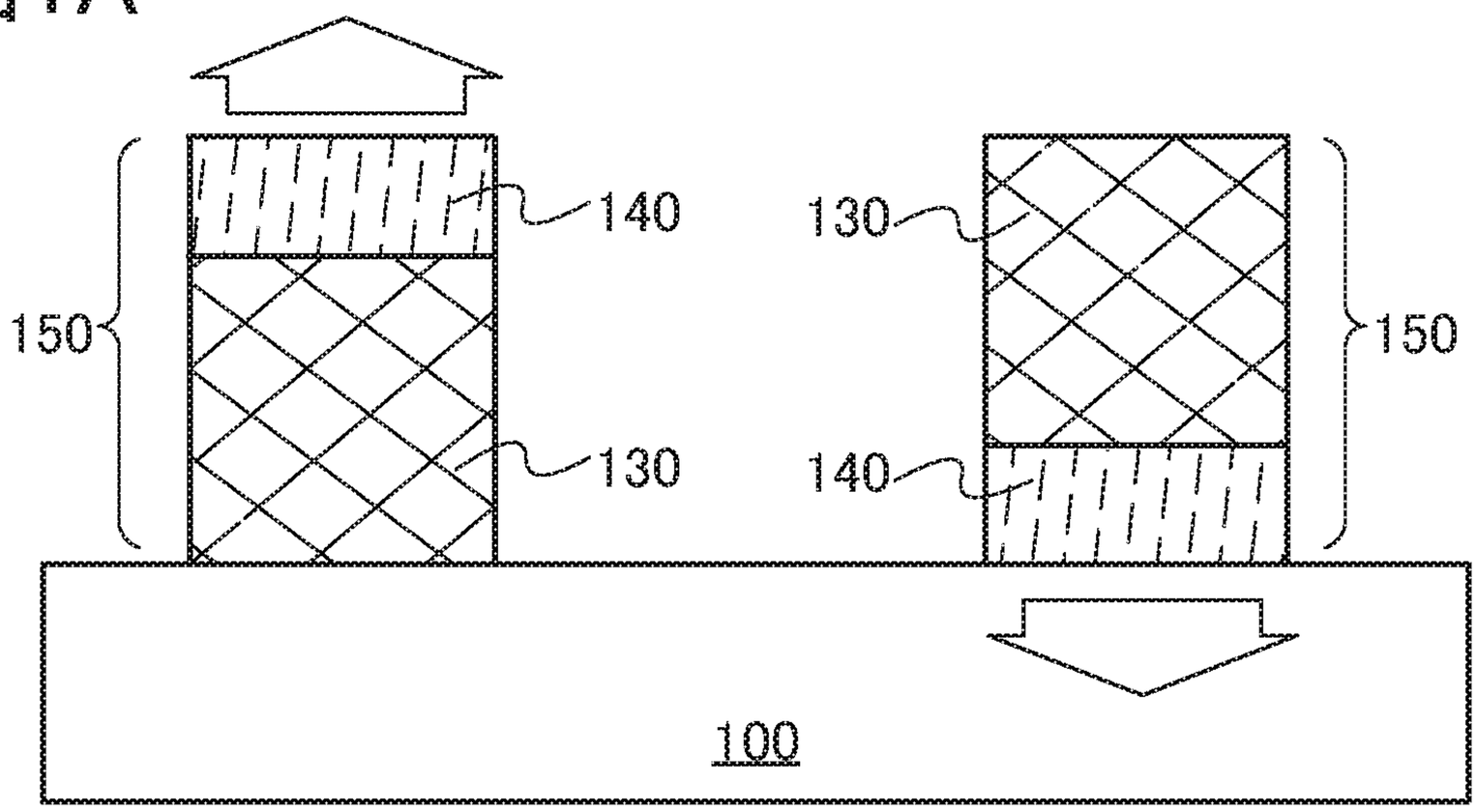

140
130
150
130
140
150
100

図1B

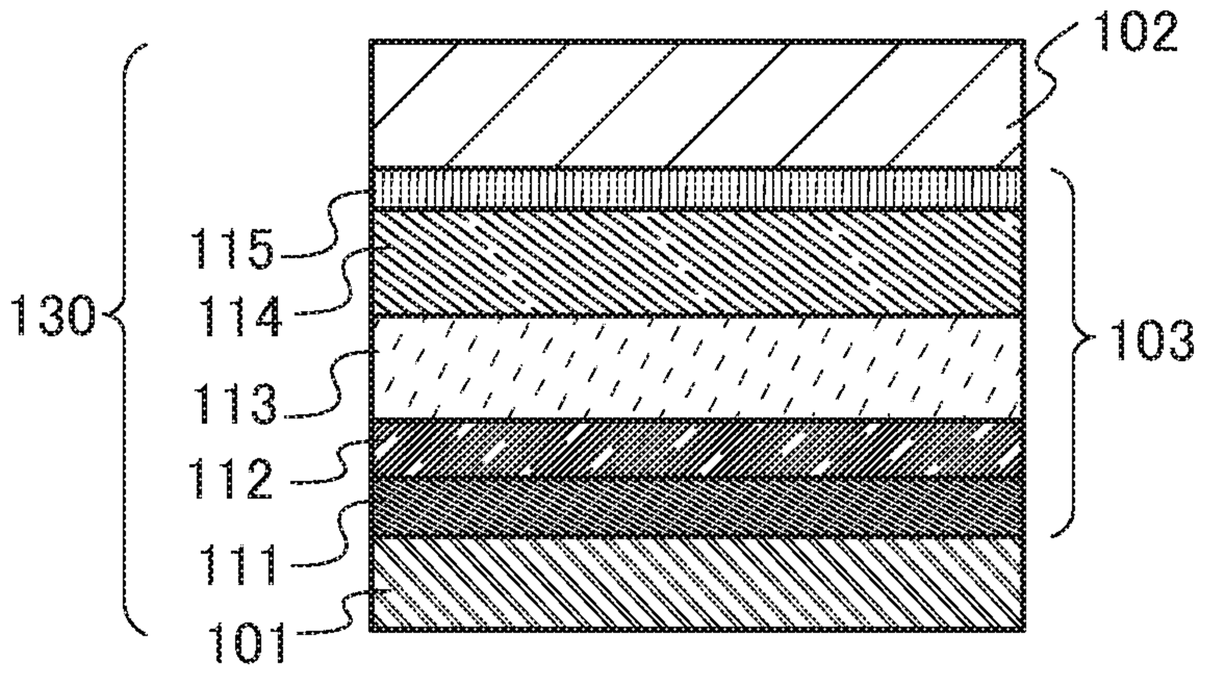
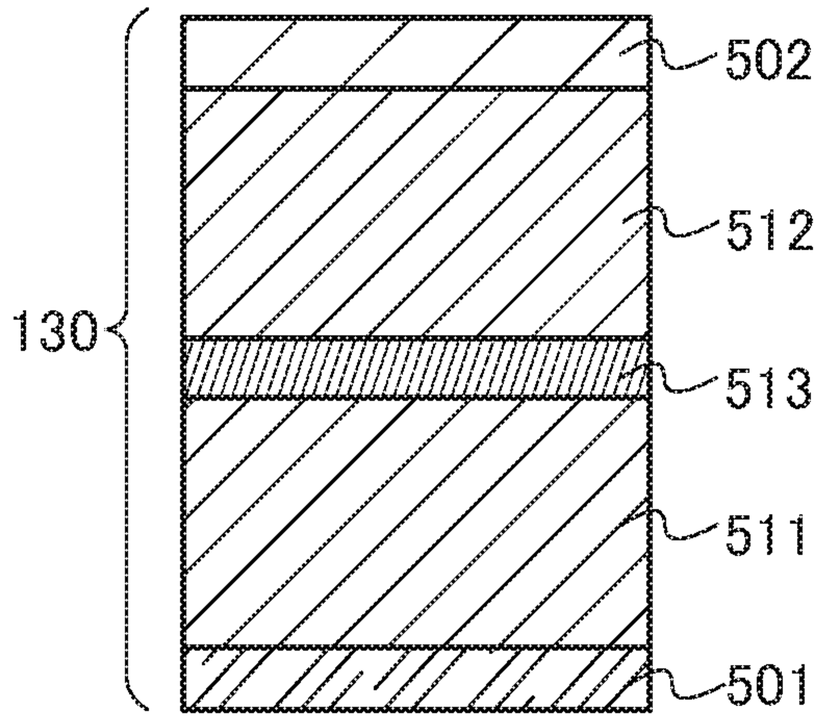

102
115
114
113
112
111
101
130
103

図1C


502
512
513
511
501
130

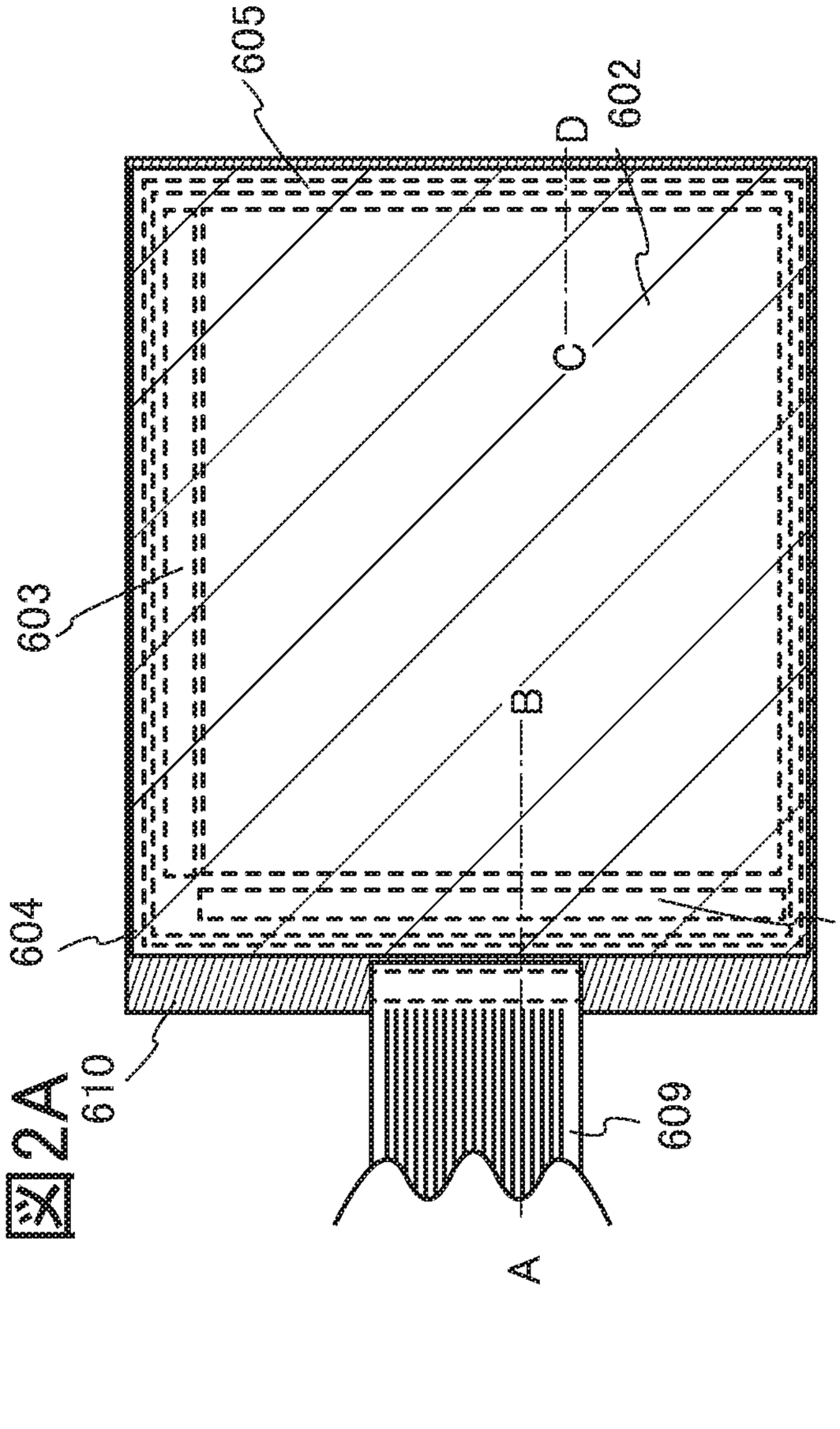

605
602
D
C
603
B
604
A
610
609

FIG 2A

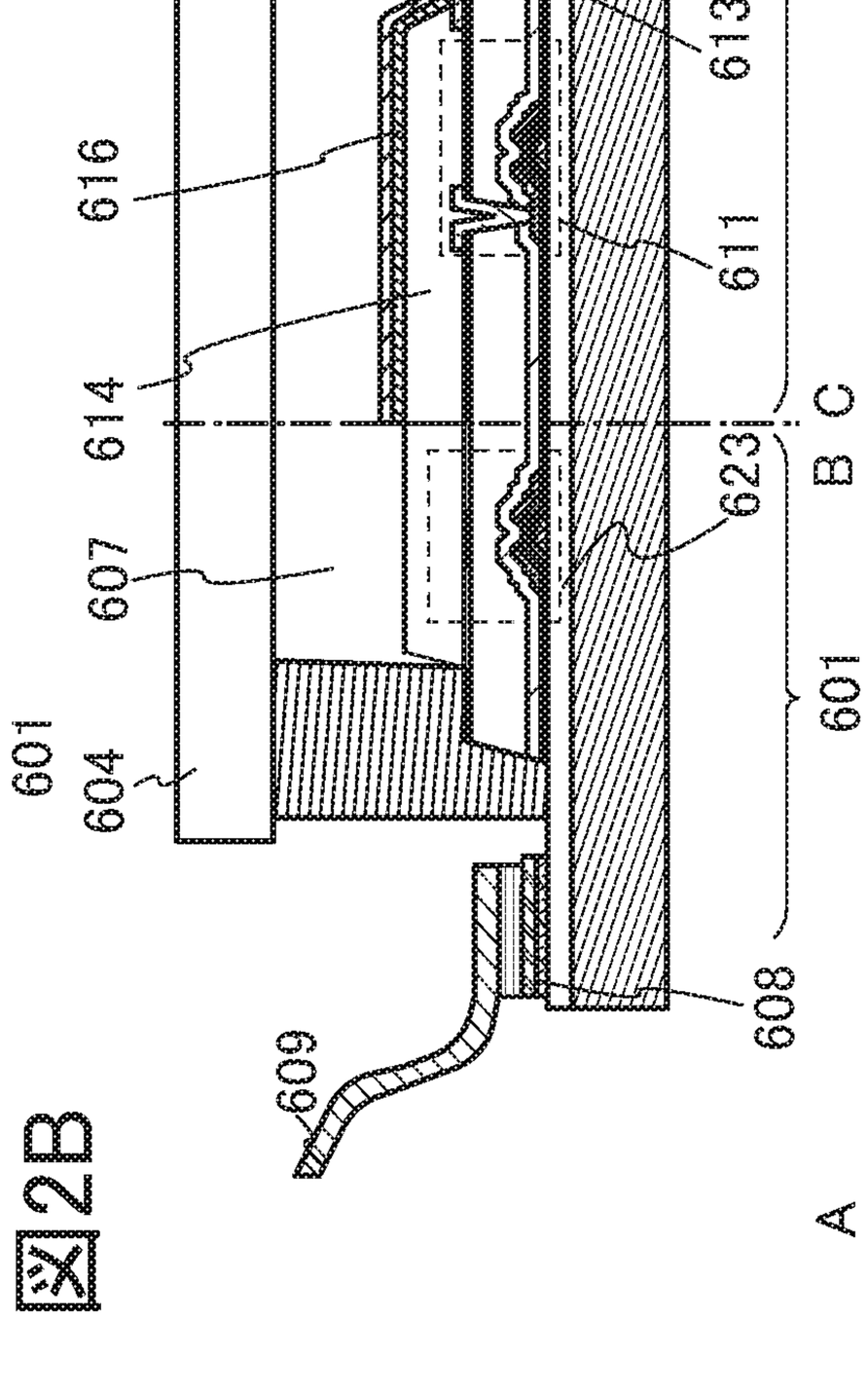

605
D
617
612
610
618
602
613
616
611
614
623
B C
607
601
604
609
608
A

FIG 2B

図3A

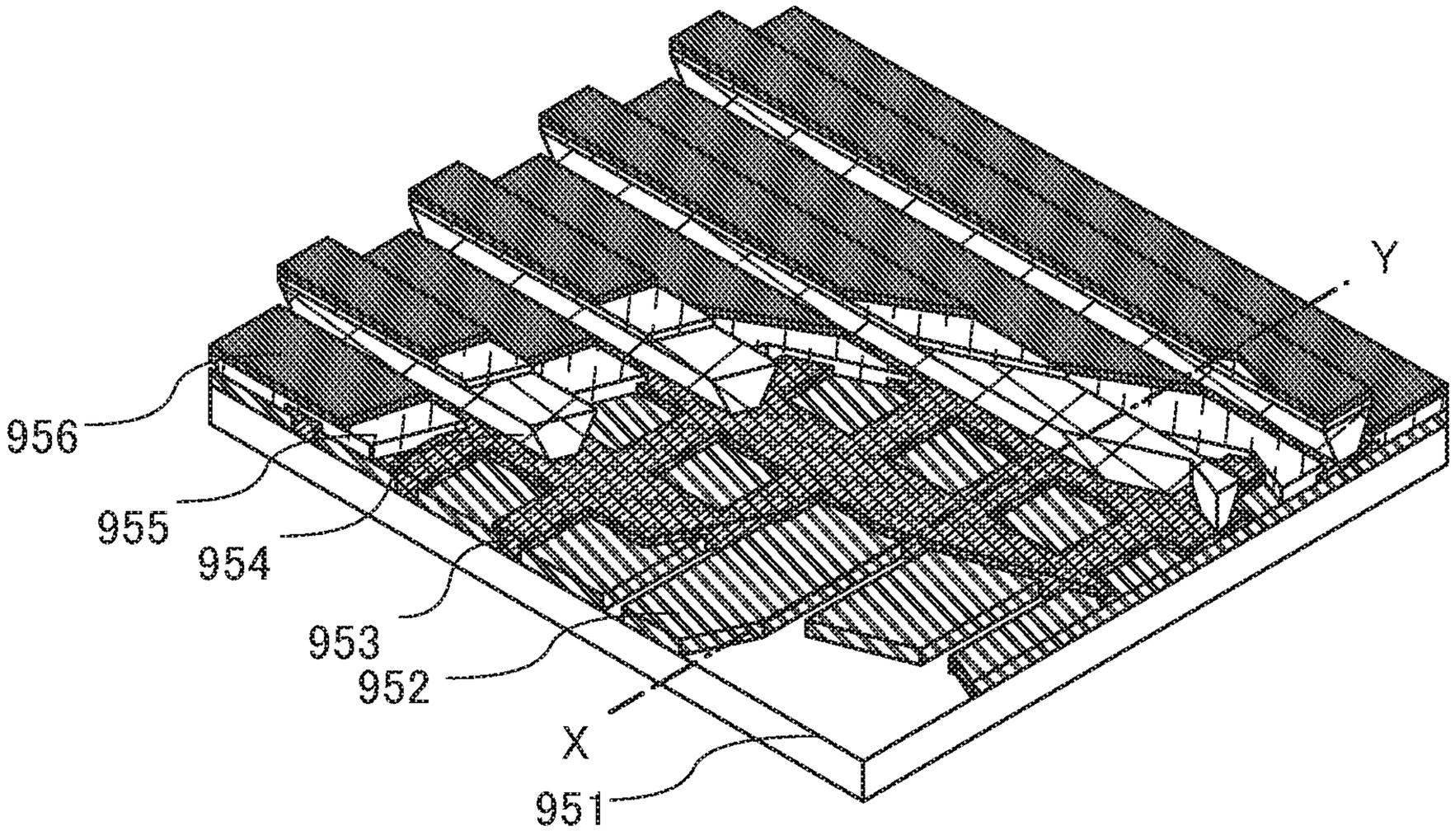

956
955
954
953
952
951
X
Y

図3B

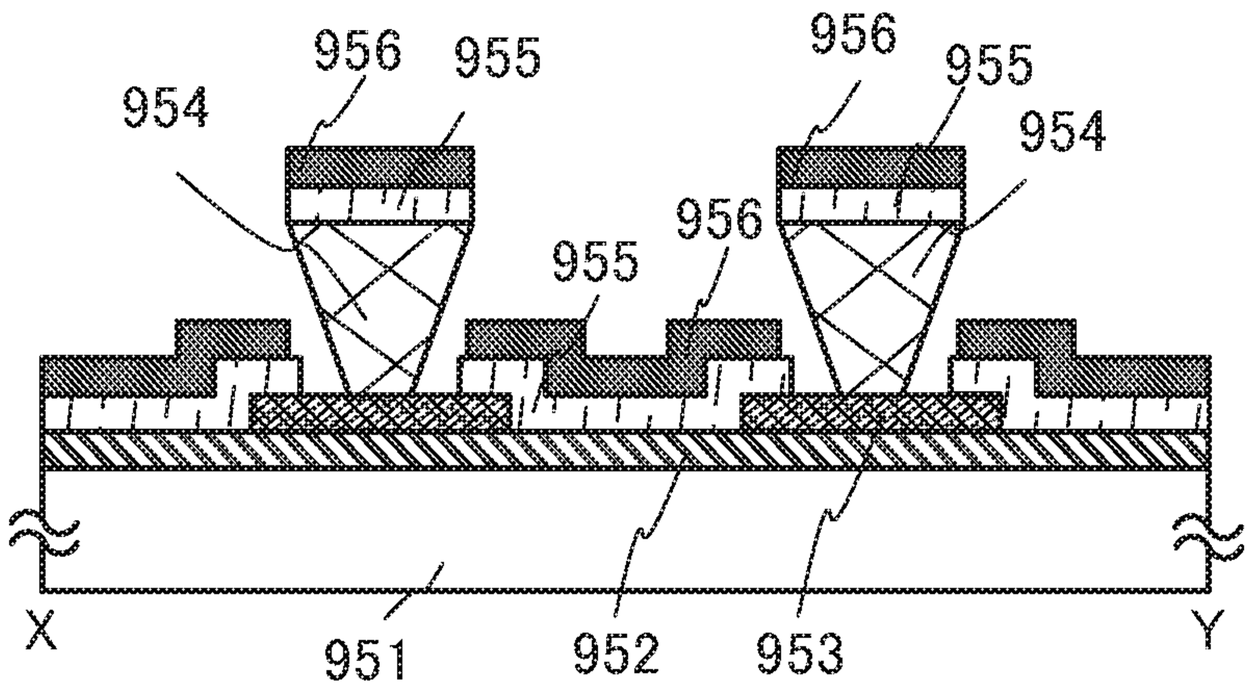

954
956
955
955
956
956
955
954
X
951
952
953
Y

図4A

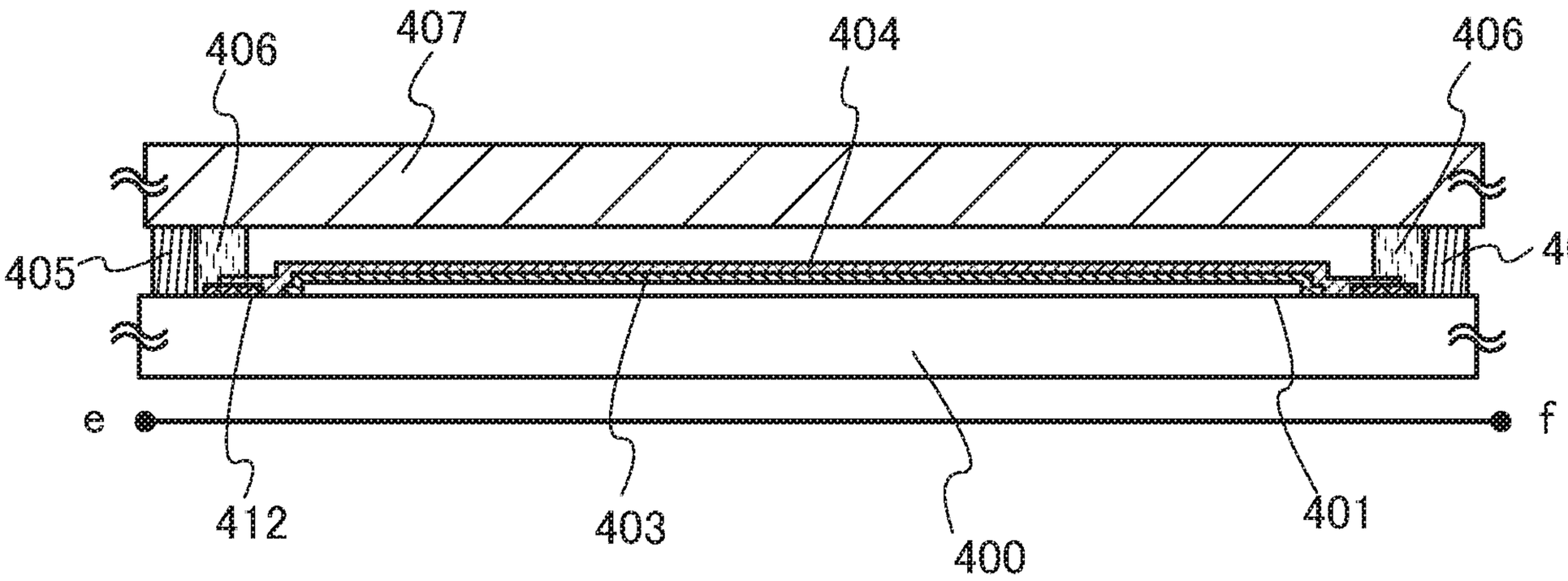

406
407
404
406
405
405
e
f
412
403
400
401

図4B

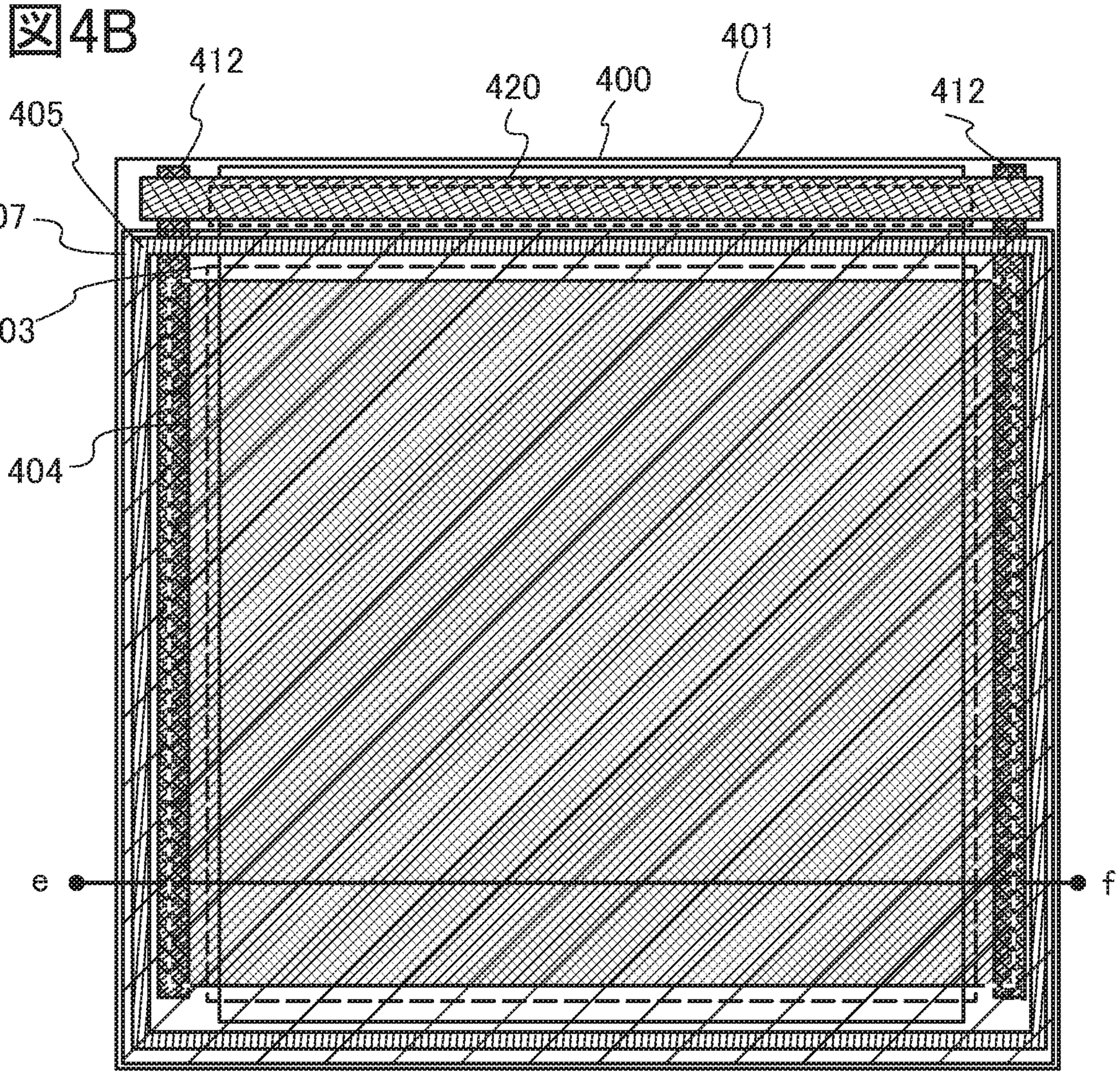

412
401
420
400
412
405
407
403
404
e
f

図5A

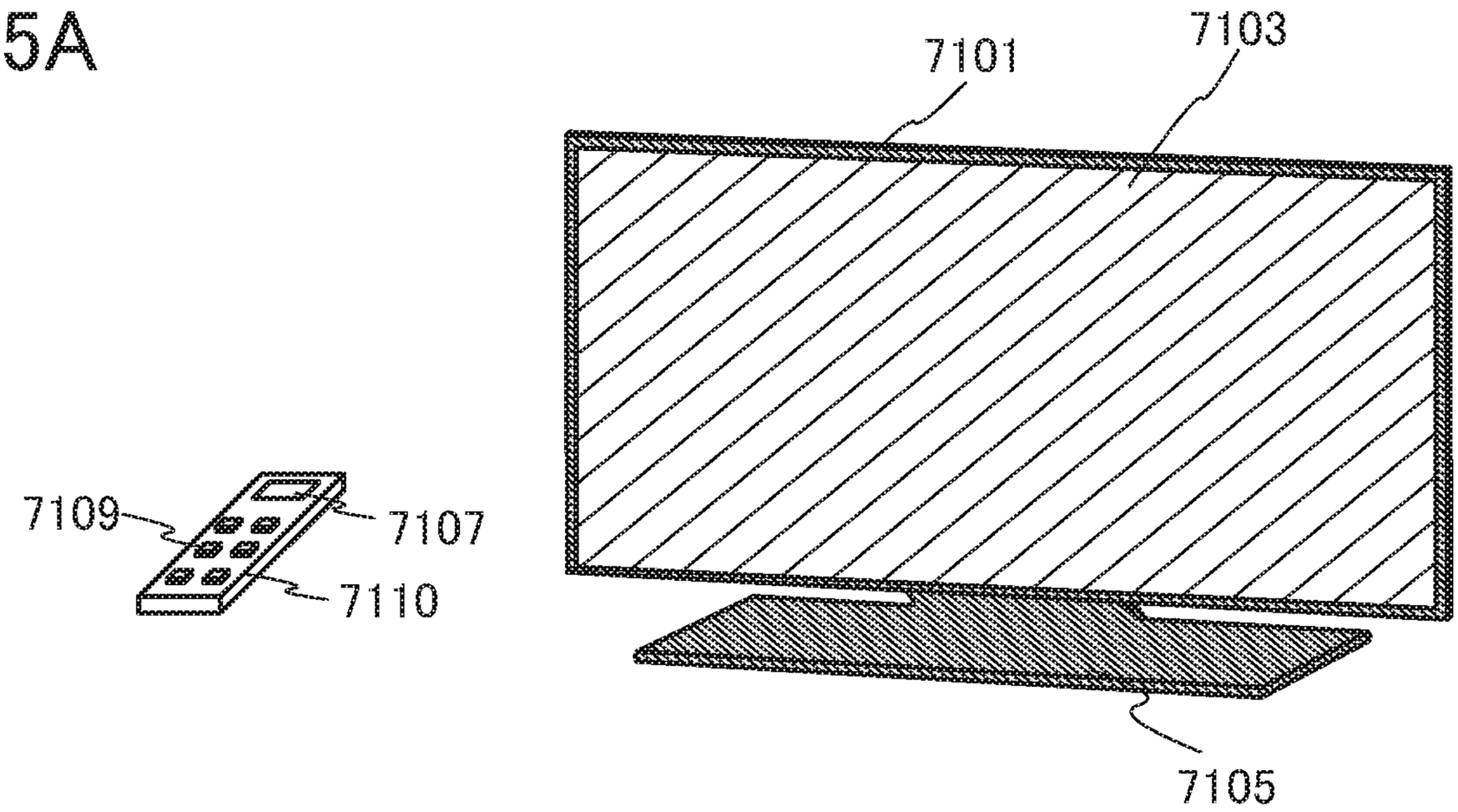


図5B1

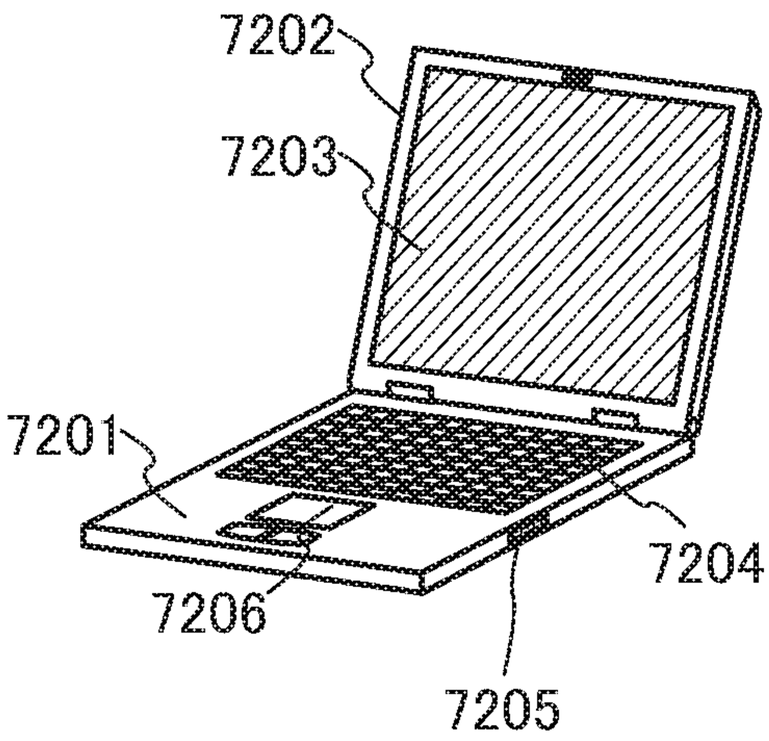


図5B2

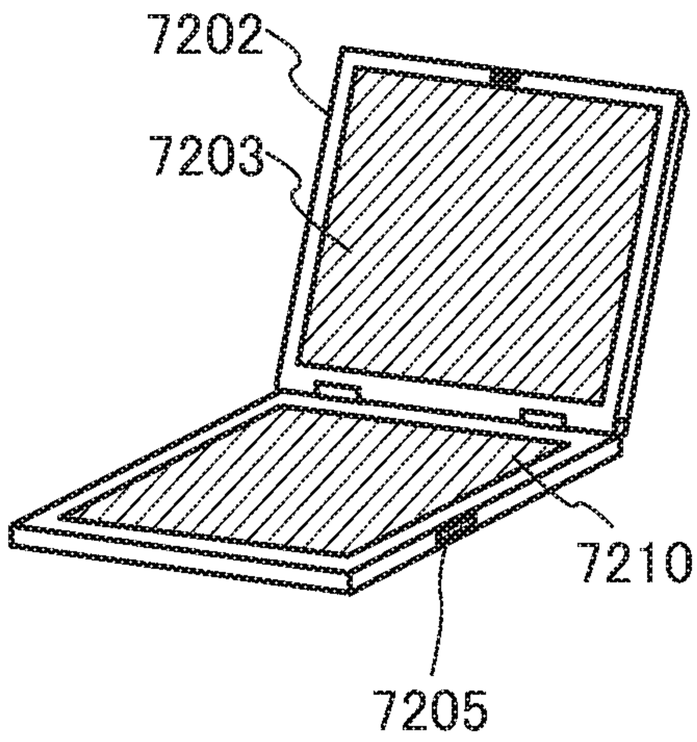


図5C

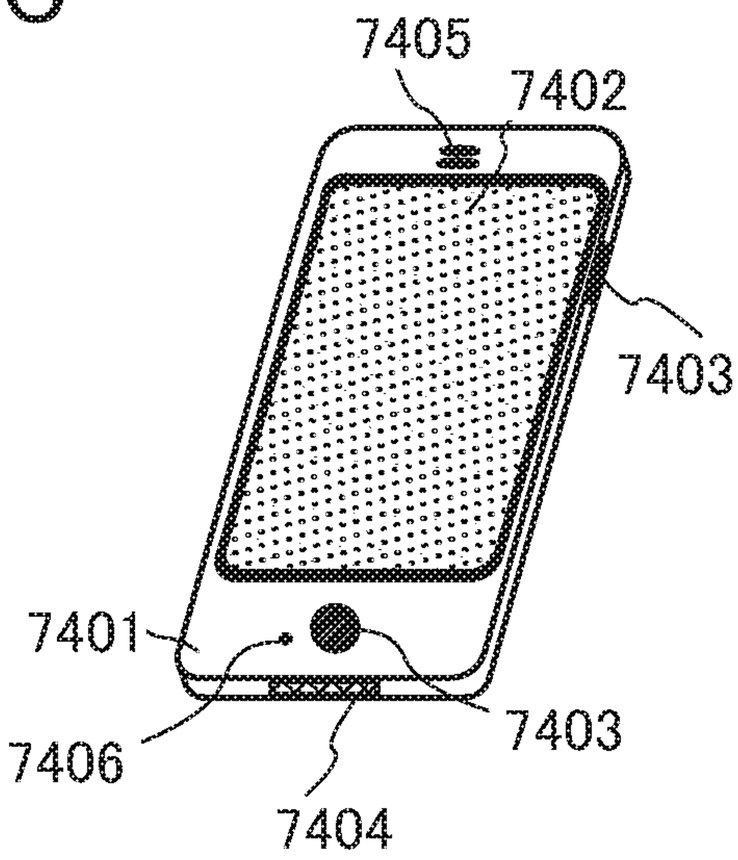


図6A

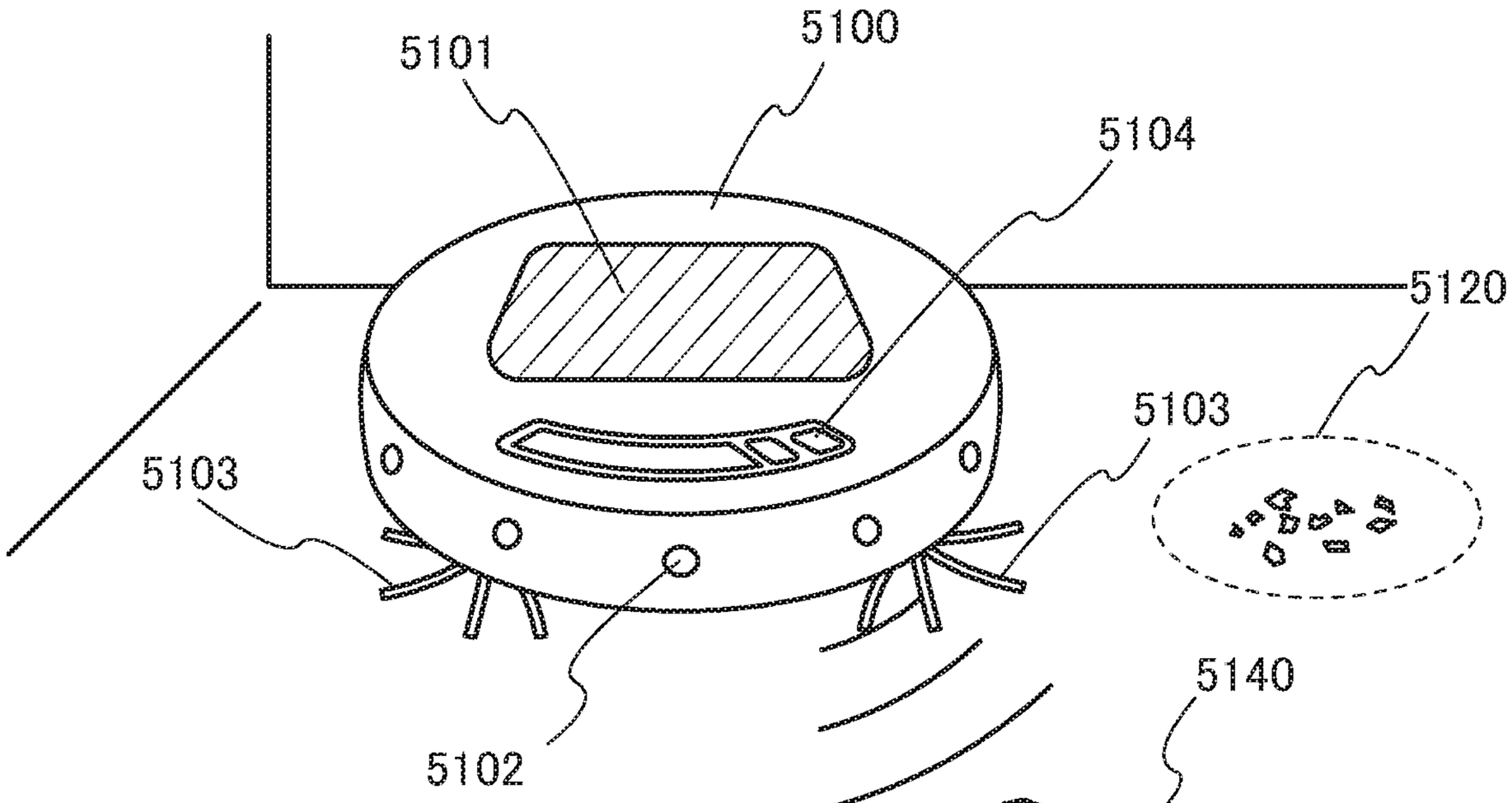

5101
5100
5104
5120
5103
5103
5140
5102

図6B

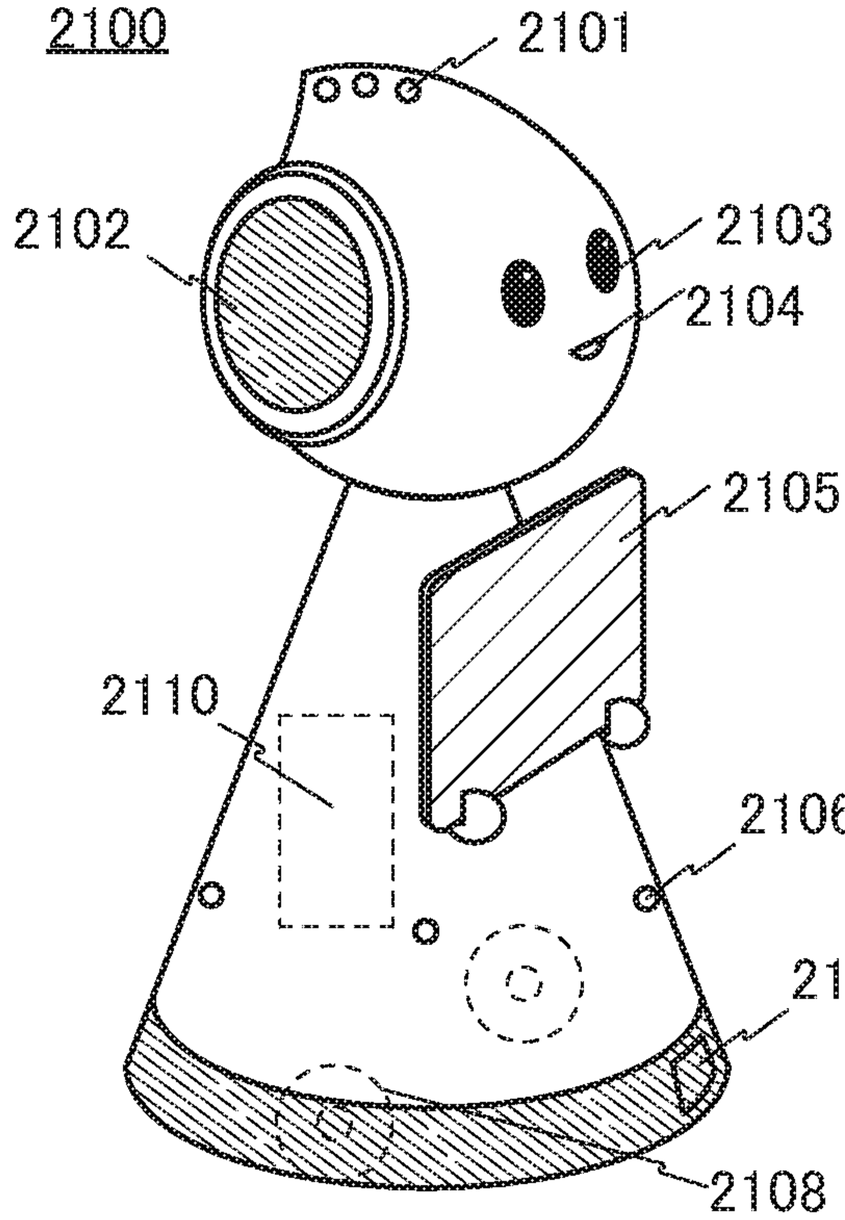

2100
2101
2102
2103
2104
2105
2110
2106
2107
2108

図6C

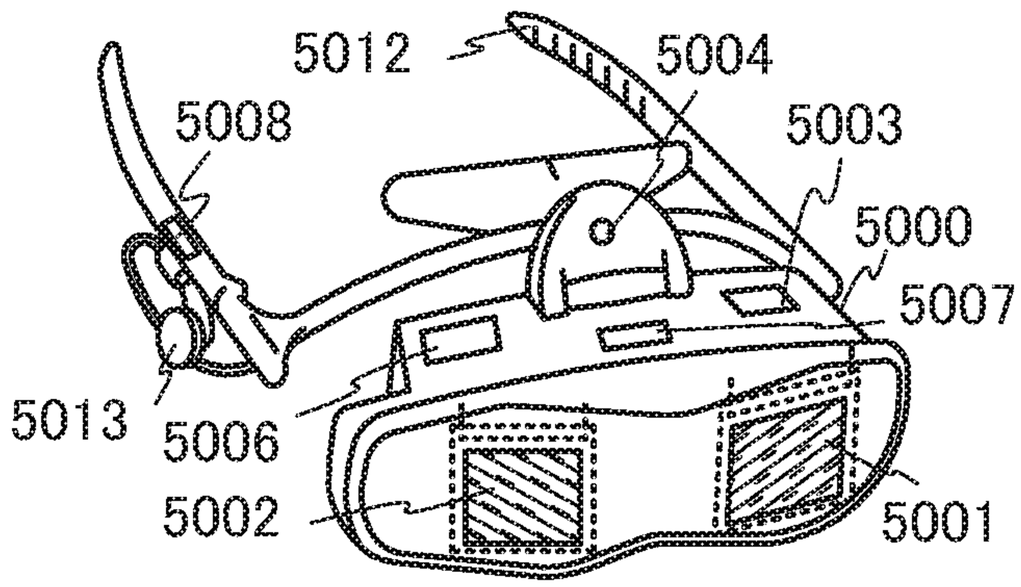

5012
5004
5008
5003
5000
5007
5013
5006
5002
5001

図7

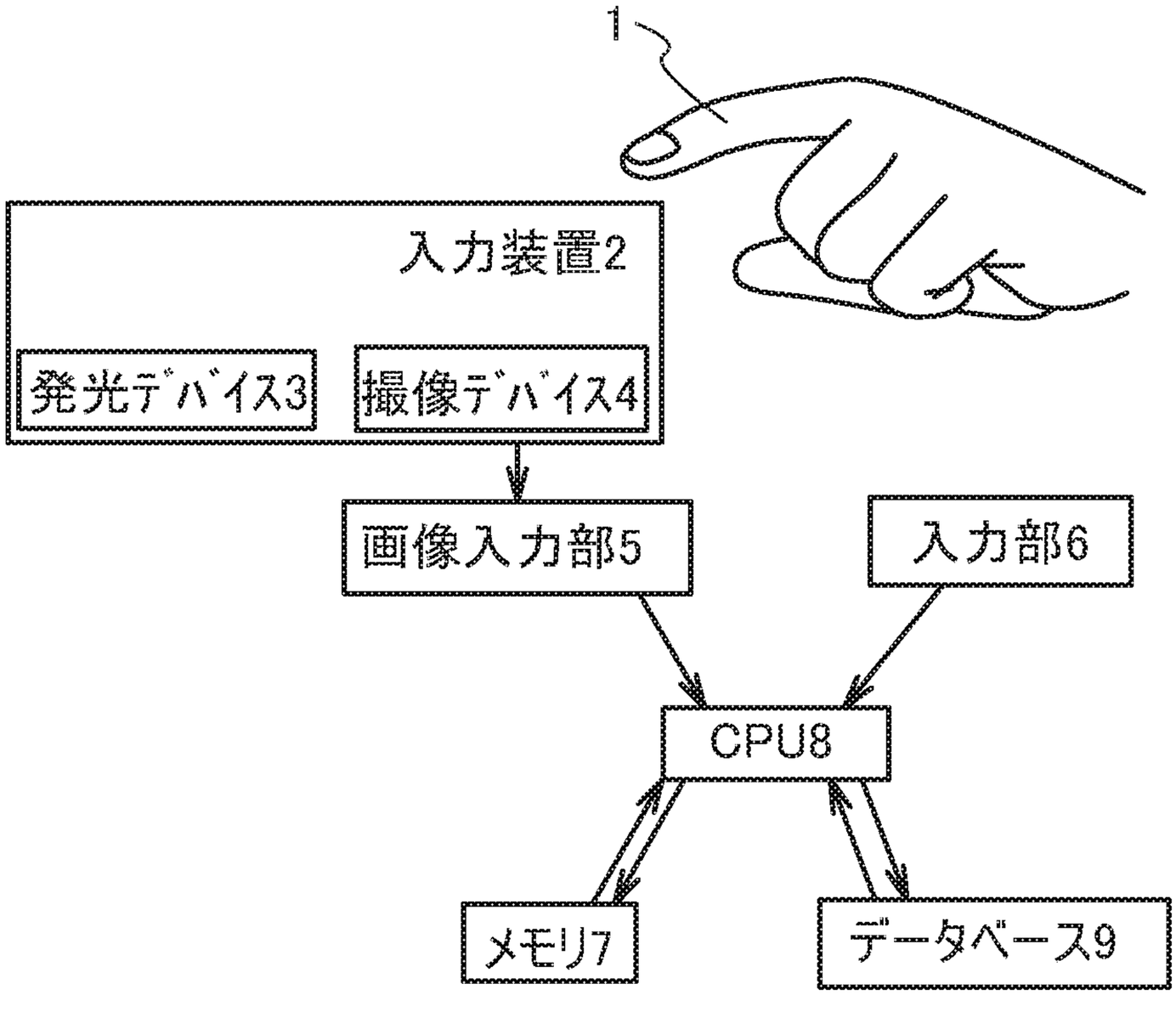


図8

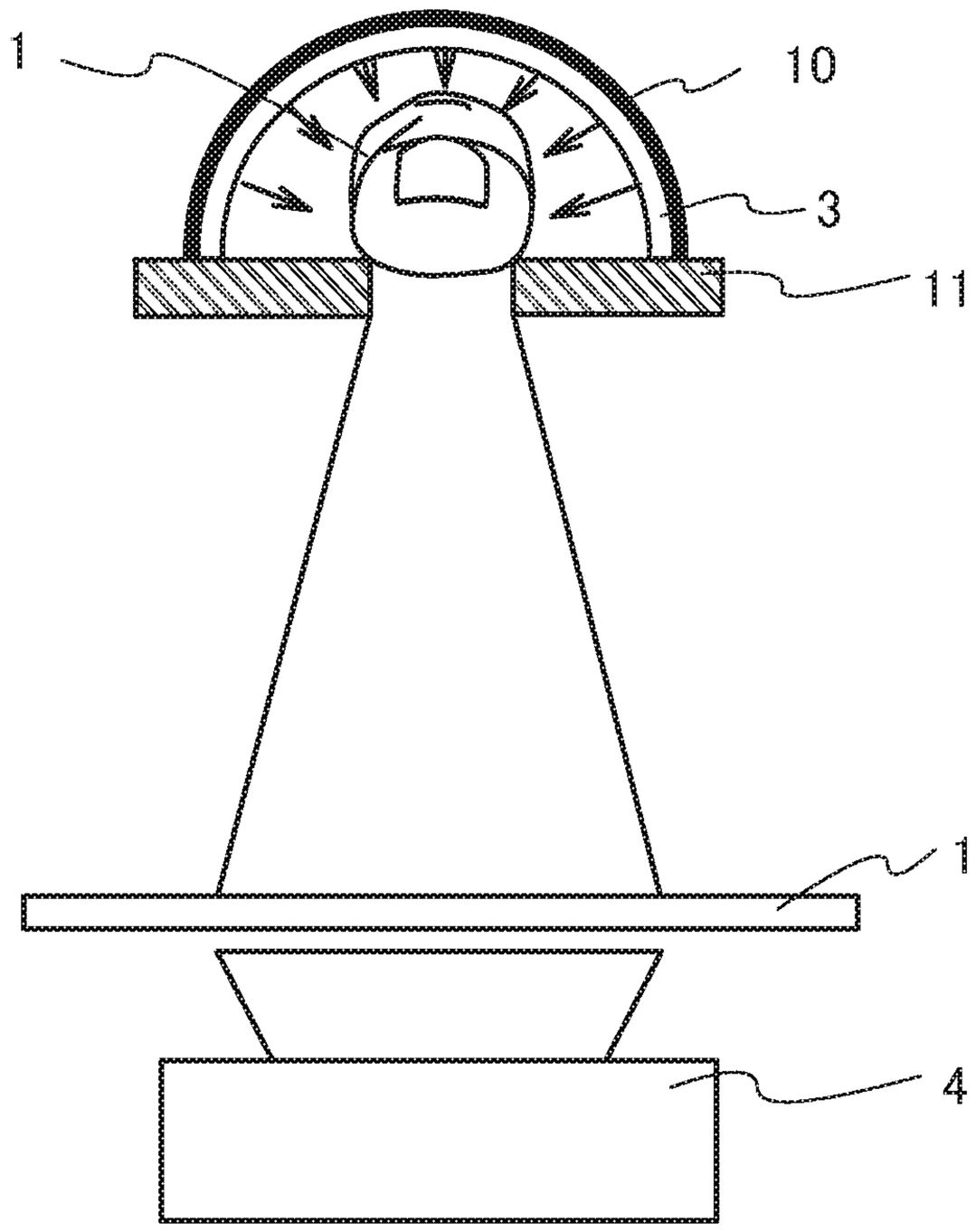


図9

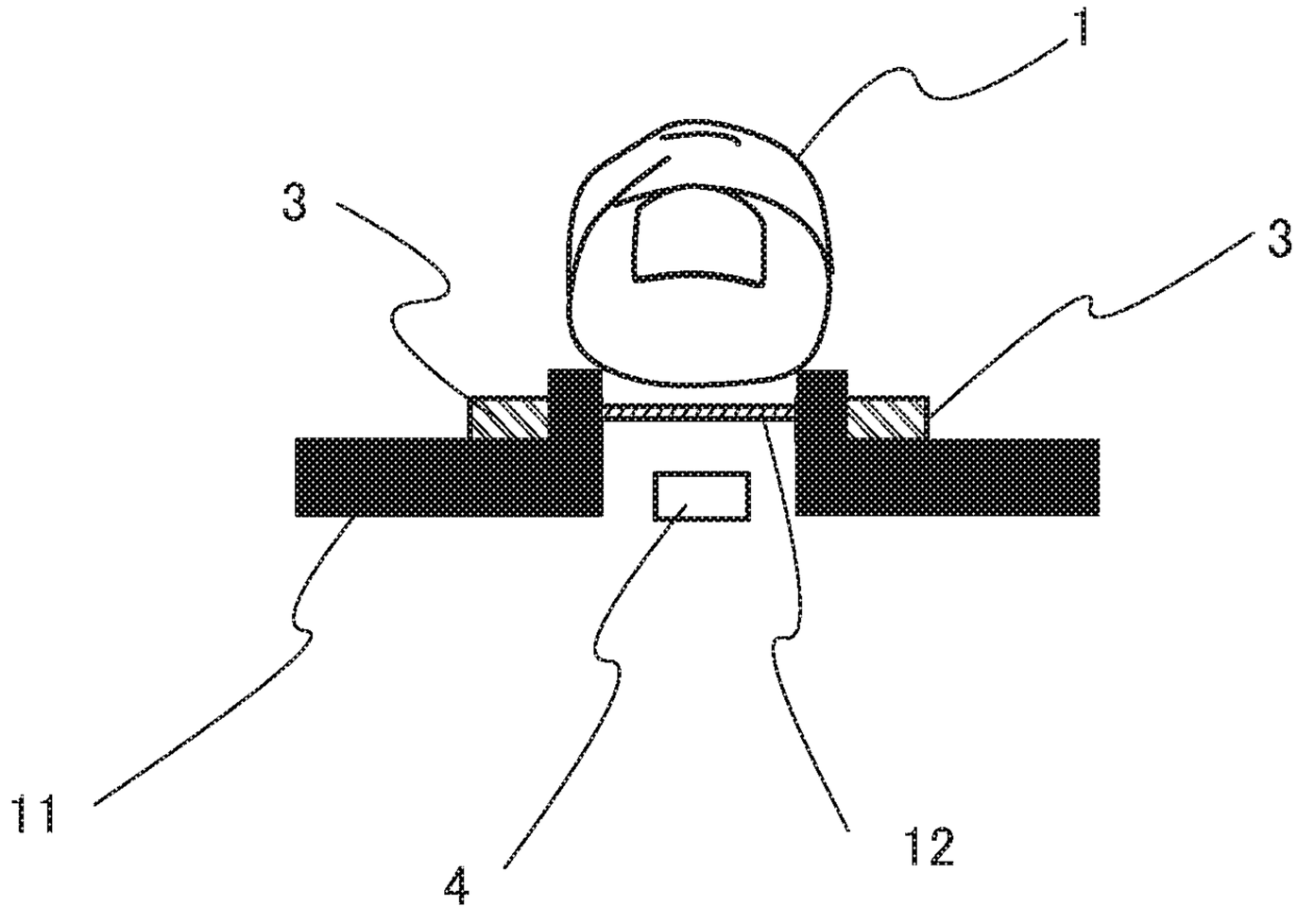


図10A

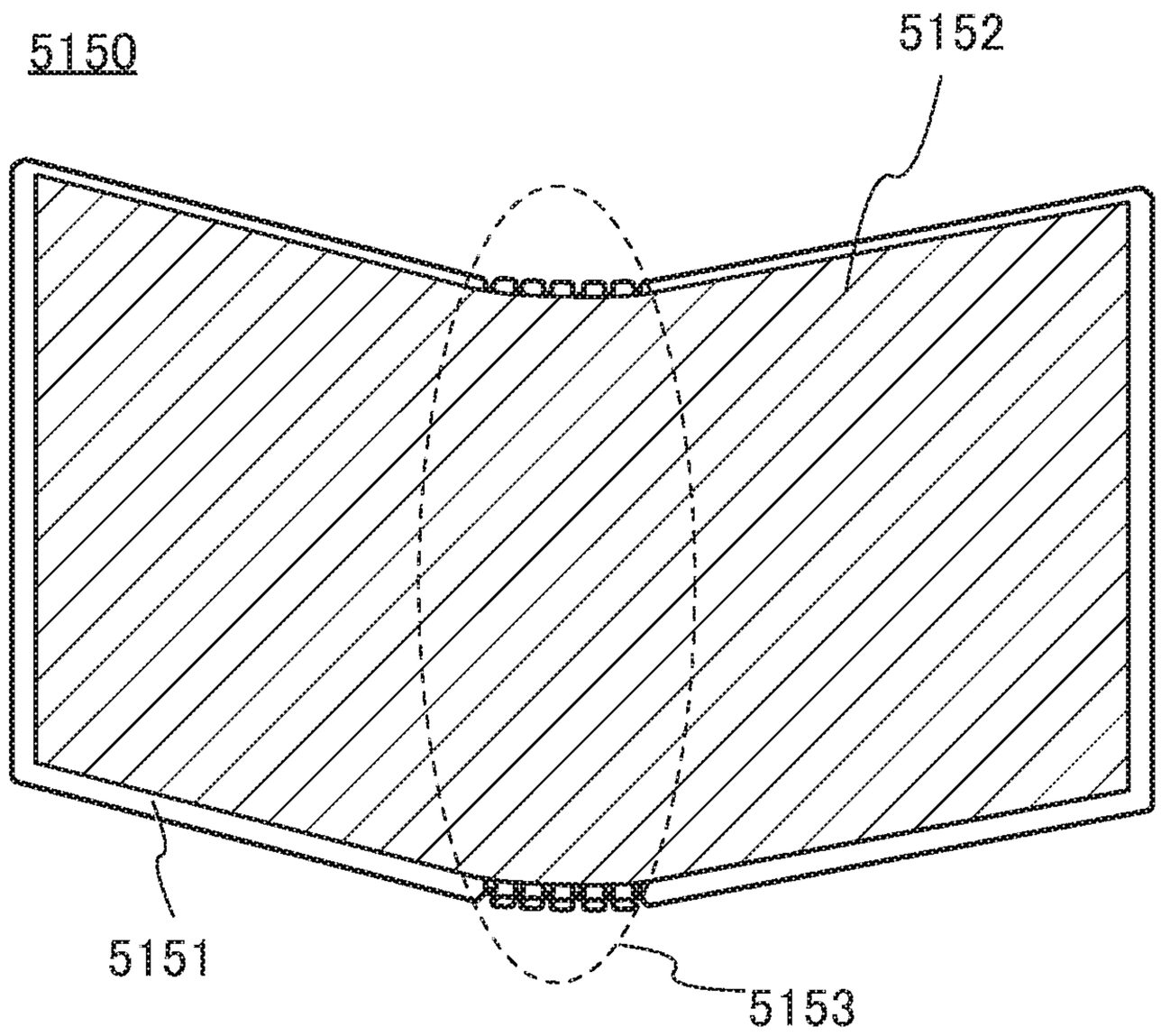


図10B

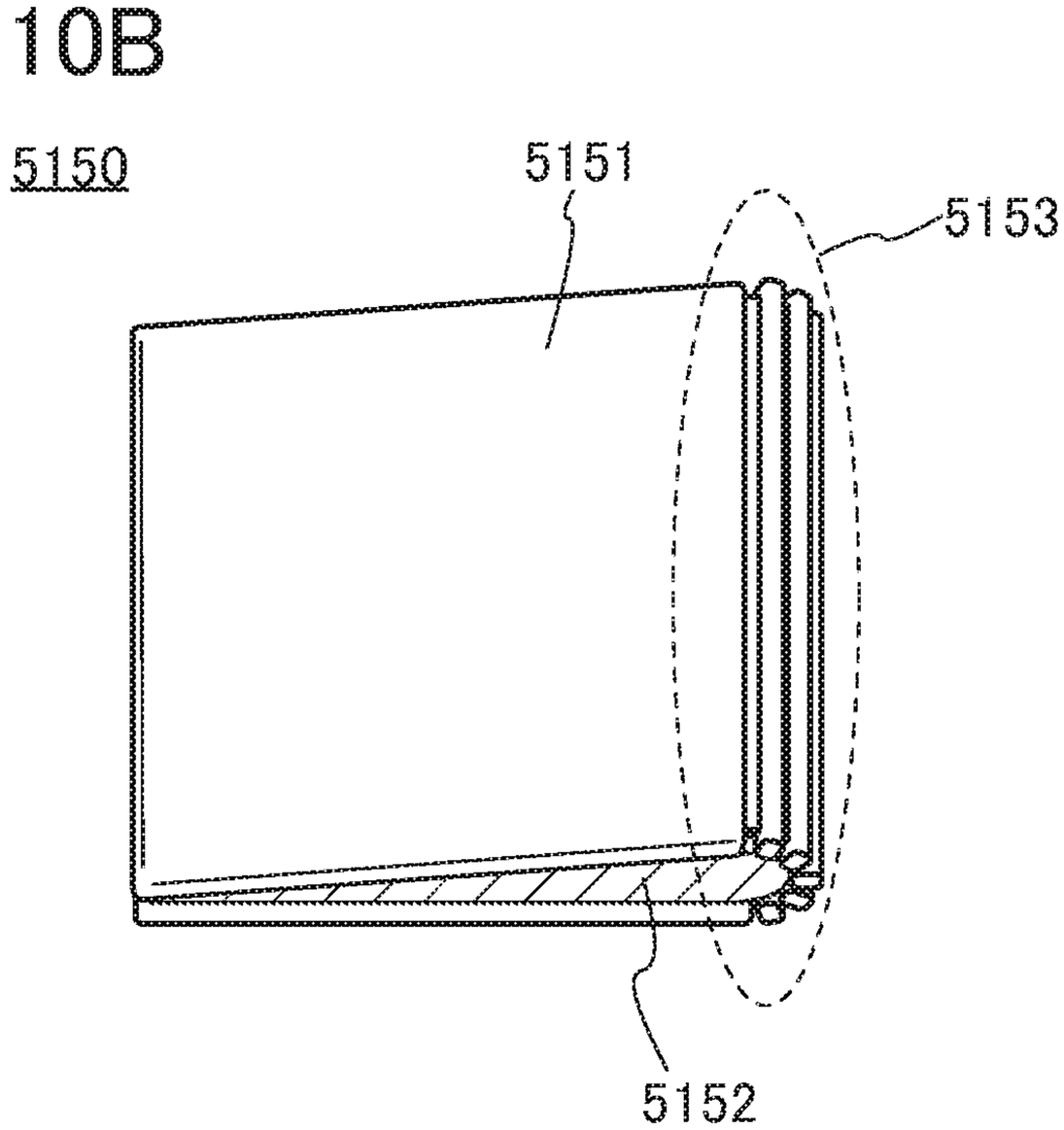


図11A

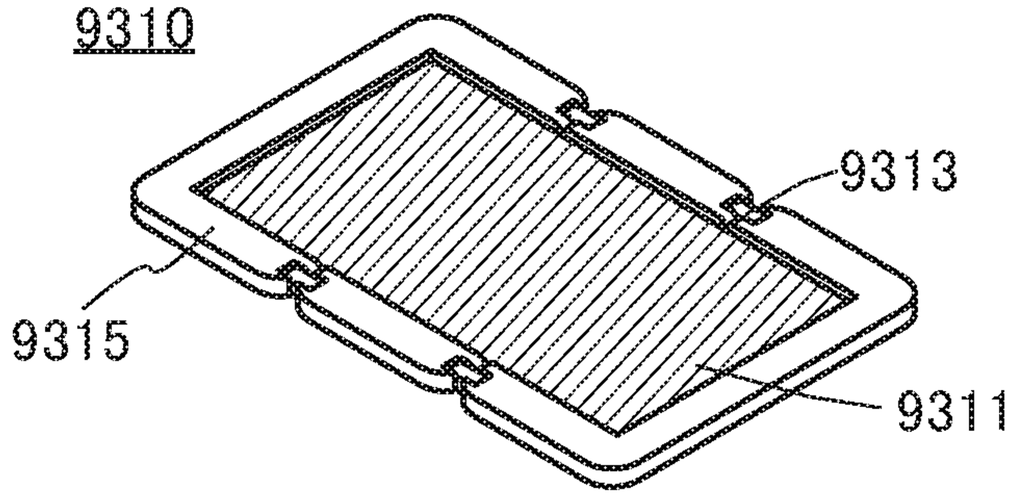


図11B

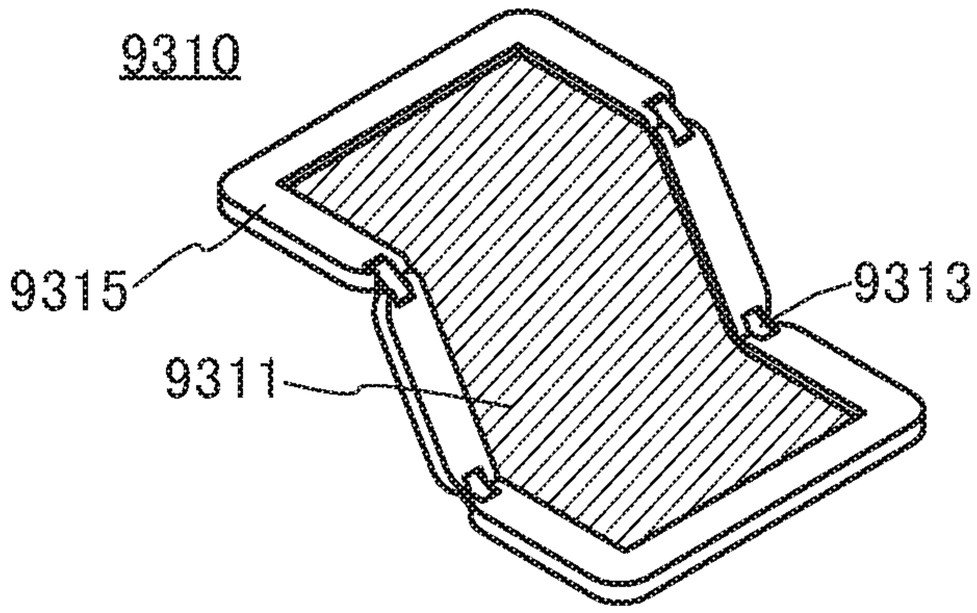


図11C

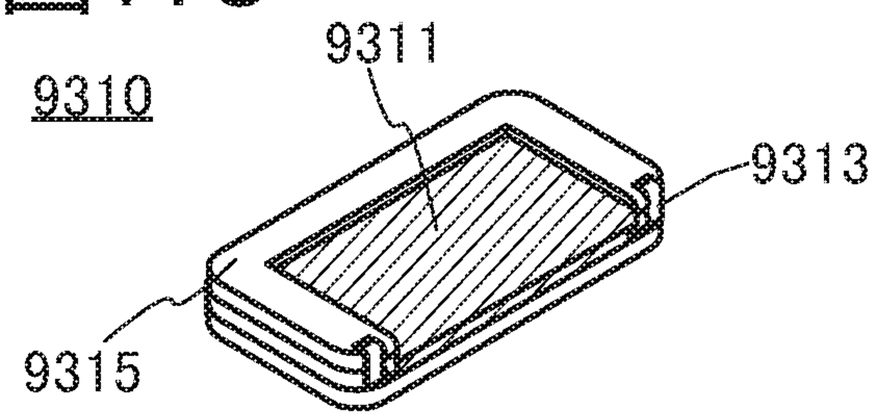


図 12

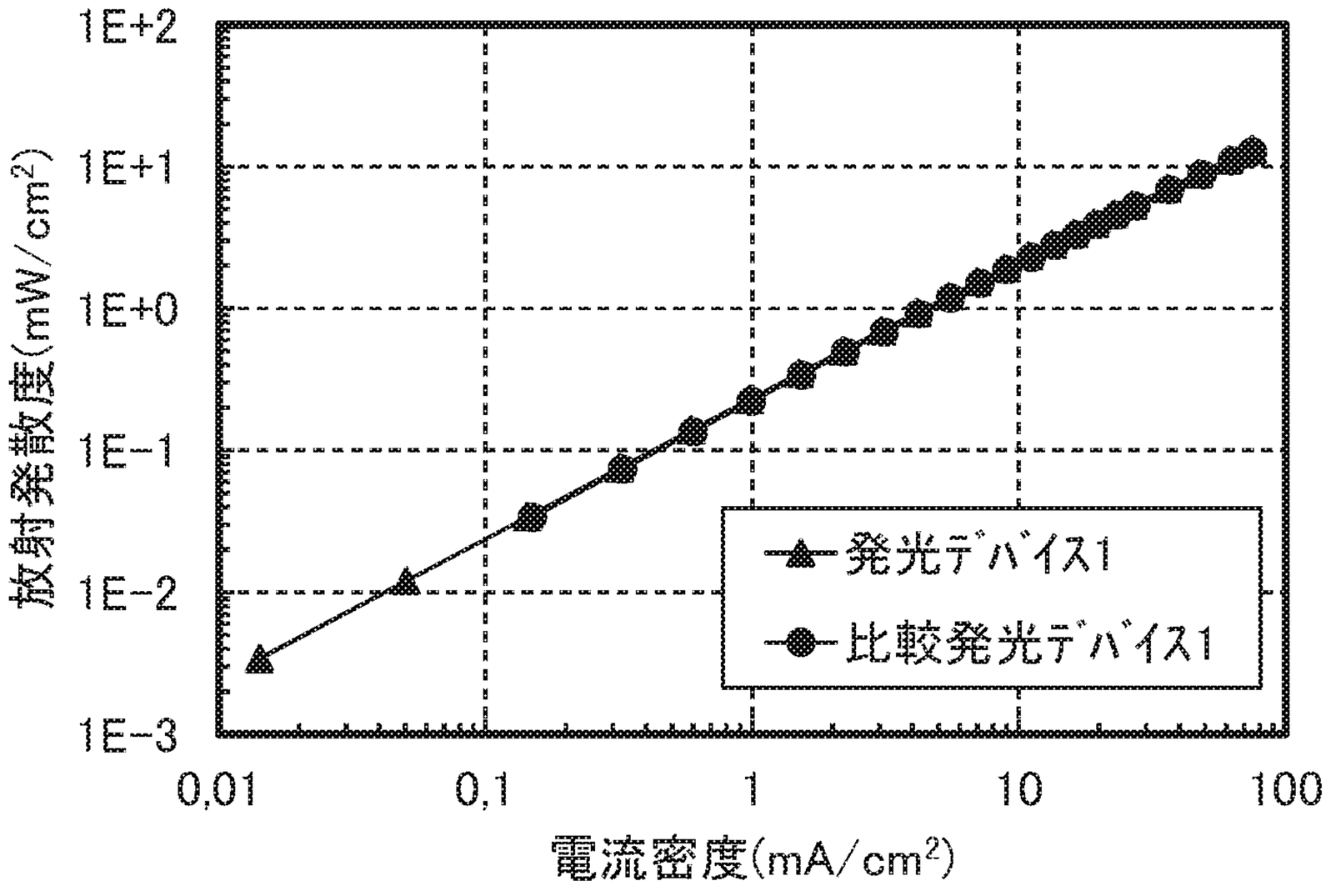

1E+2
1E+1
1E+0
1E−1
1E−2
1E−3
放射発散度(mW/cm²)
0,01
0,1
1
10
100
電流密度(mA/cm²)
発光デバイス1
比較発光デバイス1

図 13

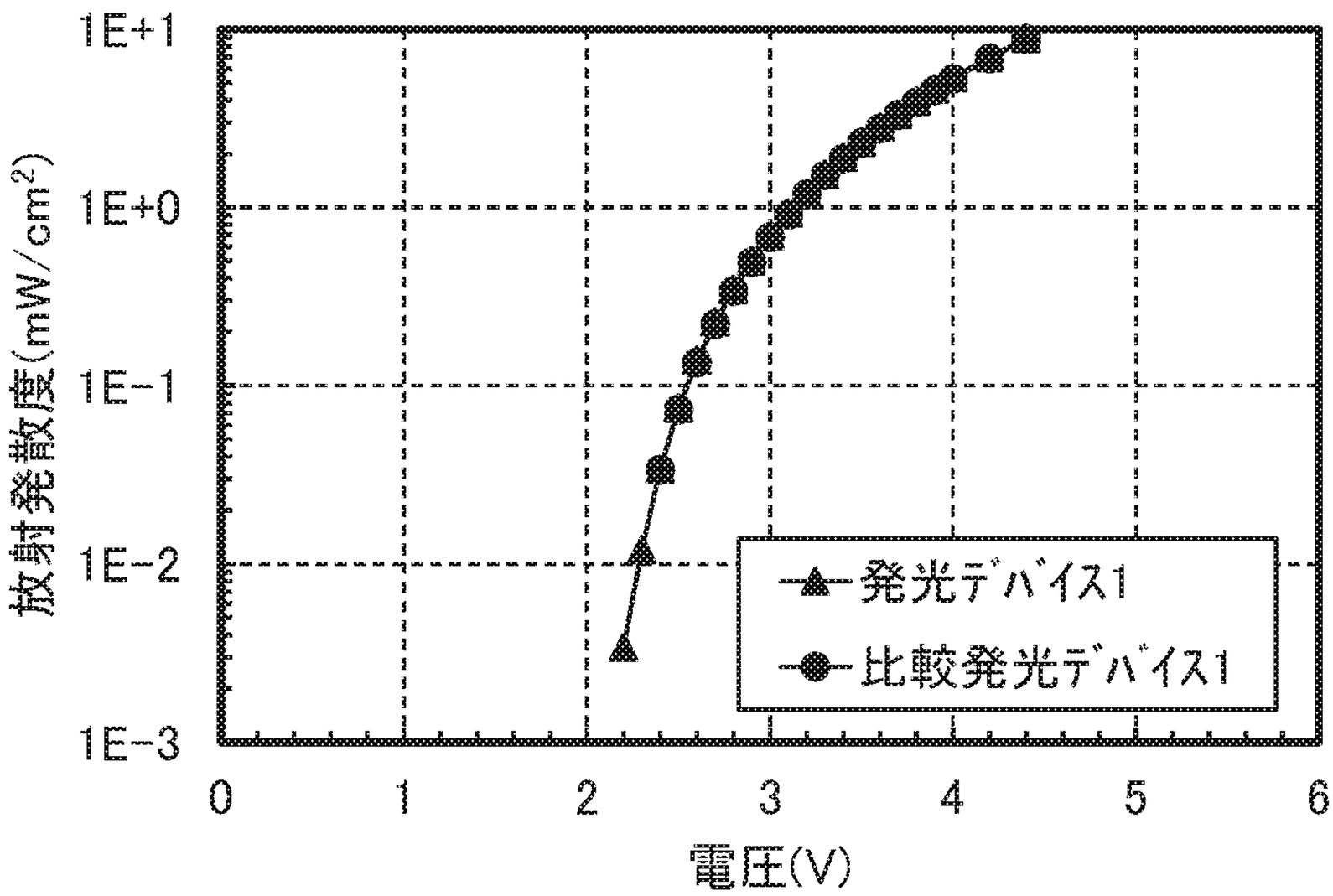

1E+1
1E+0
1E−1
1E−2
1E−3
放射発散度(mW/cm²)
0
1
2
3
4
5
6
電圧(V)
発光デバイス1
比較発光デバイス1

図 14

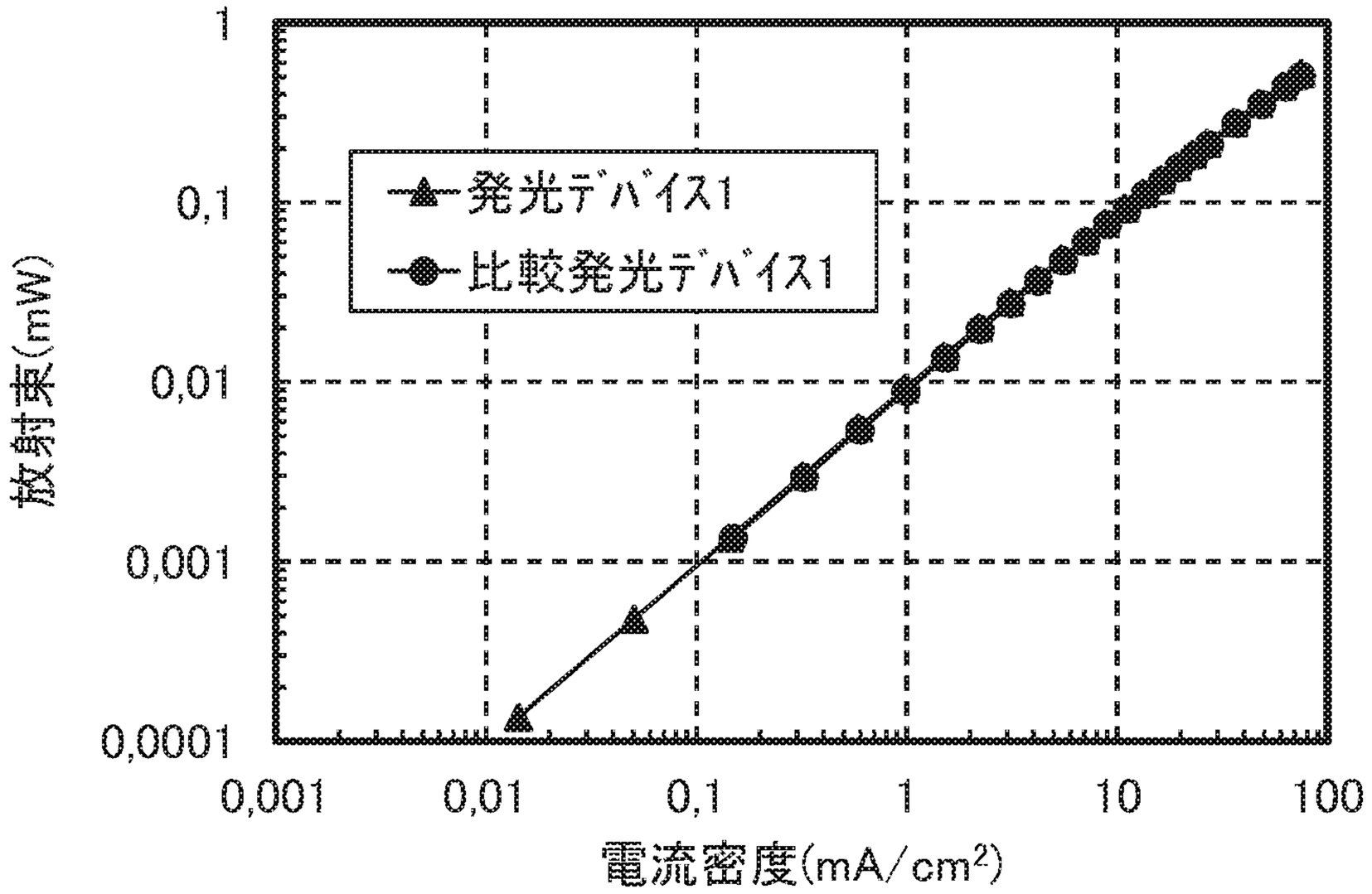

1
0,1
0,01
0,001
0,0001
放射束(mW)
発光ﾃﾞﾊﾞｲｽ1
比較発光ﾃﾞﾊﾞｲｽ1
0,001
0,01
0,1
1
10
100
電流密度(mA/cm2)

図 15

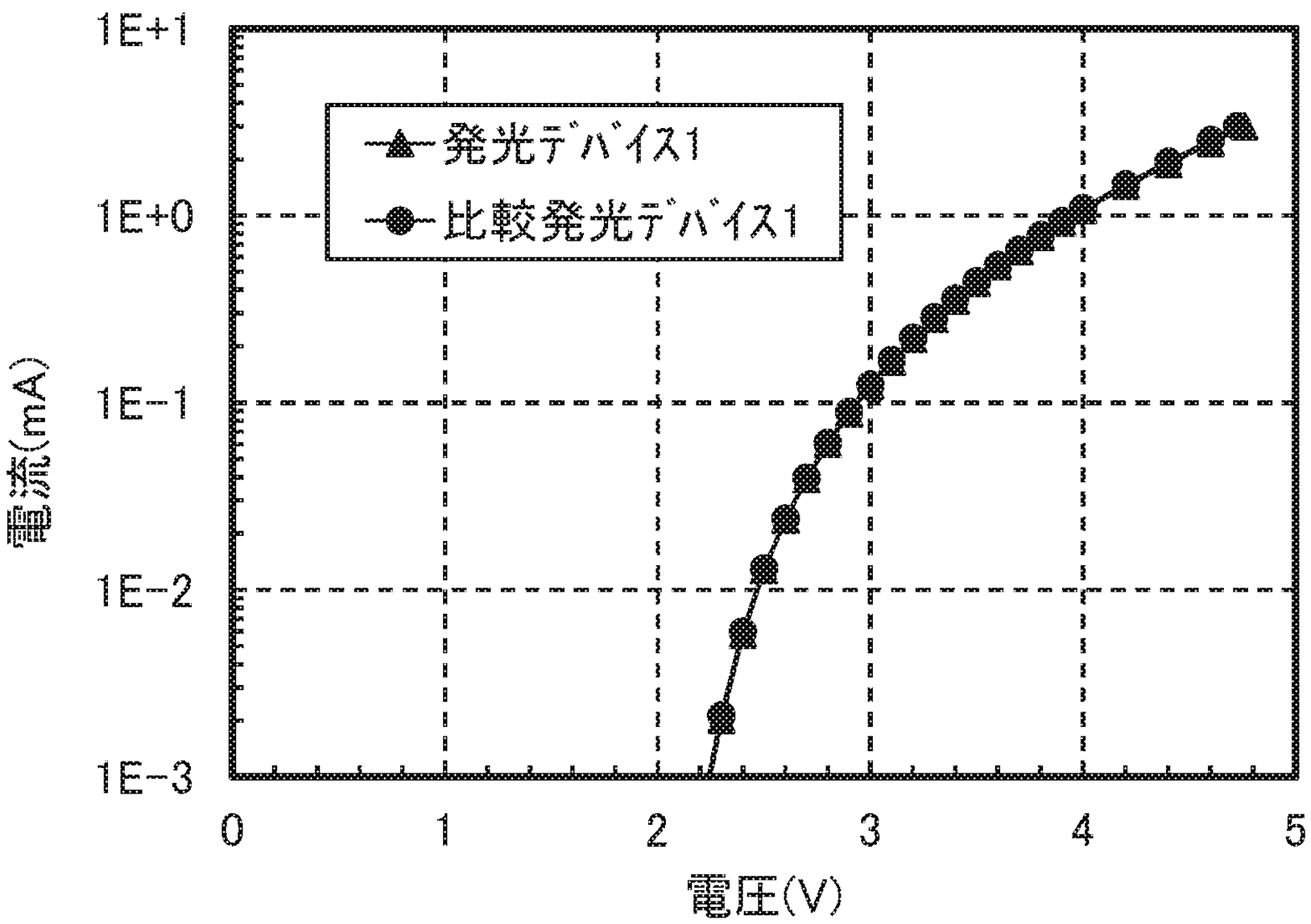

1E+1
1E+0
1E−1
1E−2
1E−3
電流(mA)
発光ﾃﾞﾊﾞｲｽ1
比較発光ﾃﾞﾊﾞｲｽ1
0
1
2
3
4
5
電圧(V)

図 16

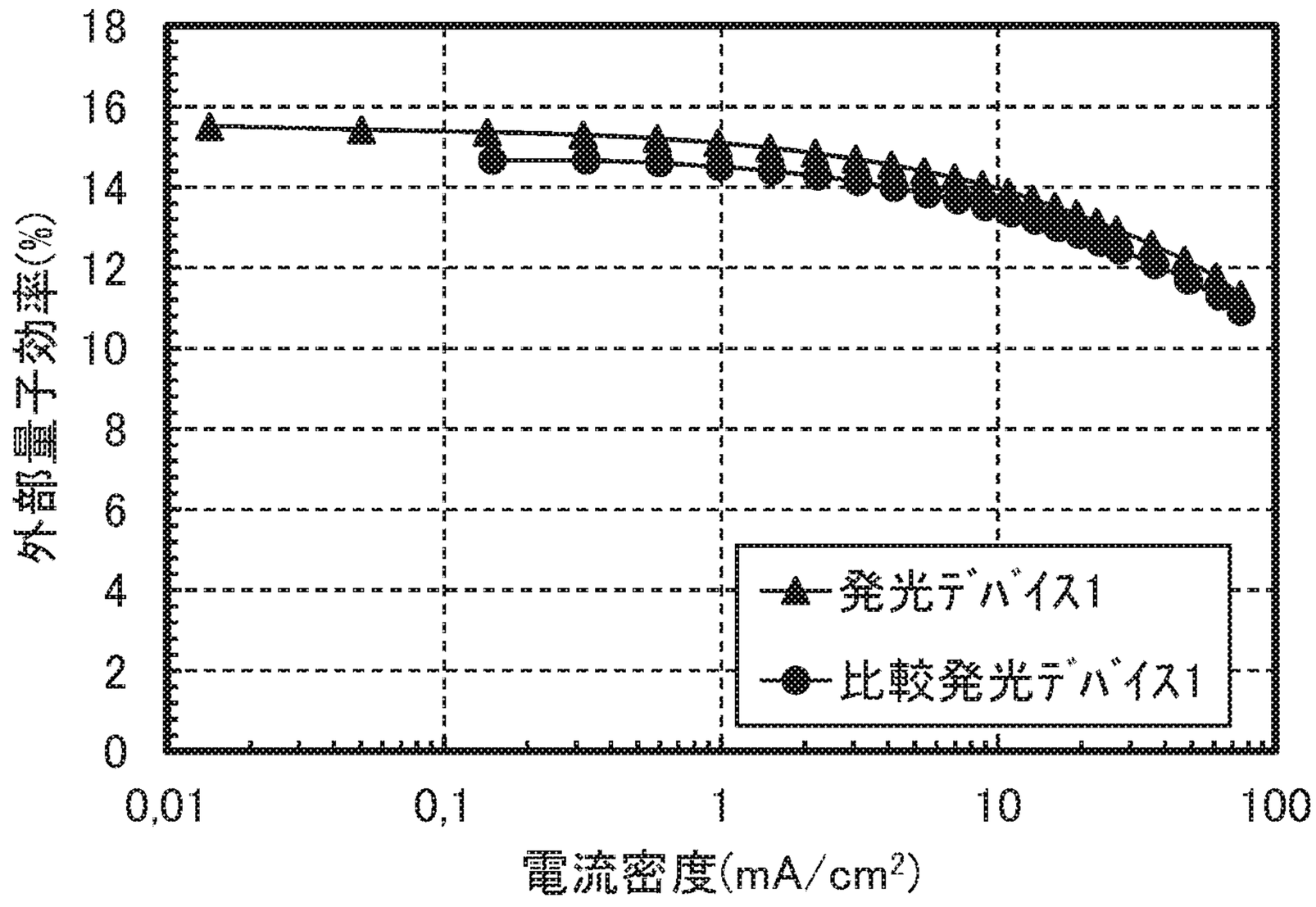

外部量子効率(%)
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
0,01
0,1
1
10
100
電流密度(mA/cm2)
発光デバイス1
比較発光デバイス1

図 17

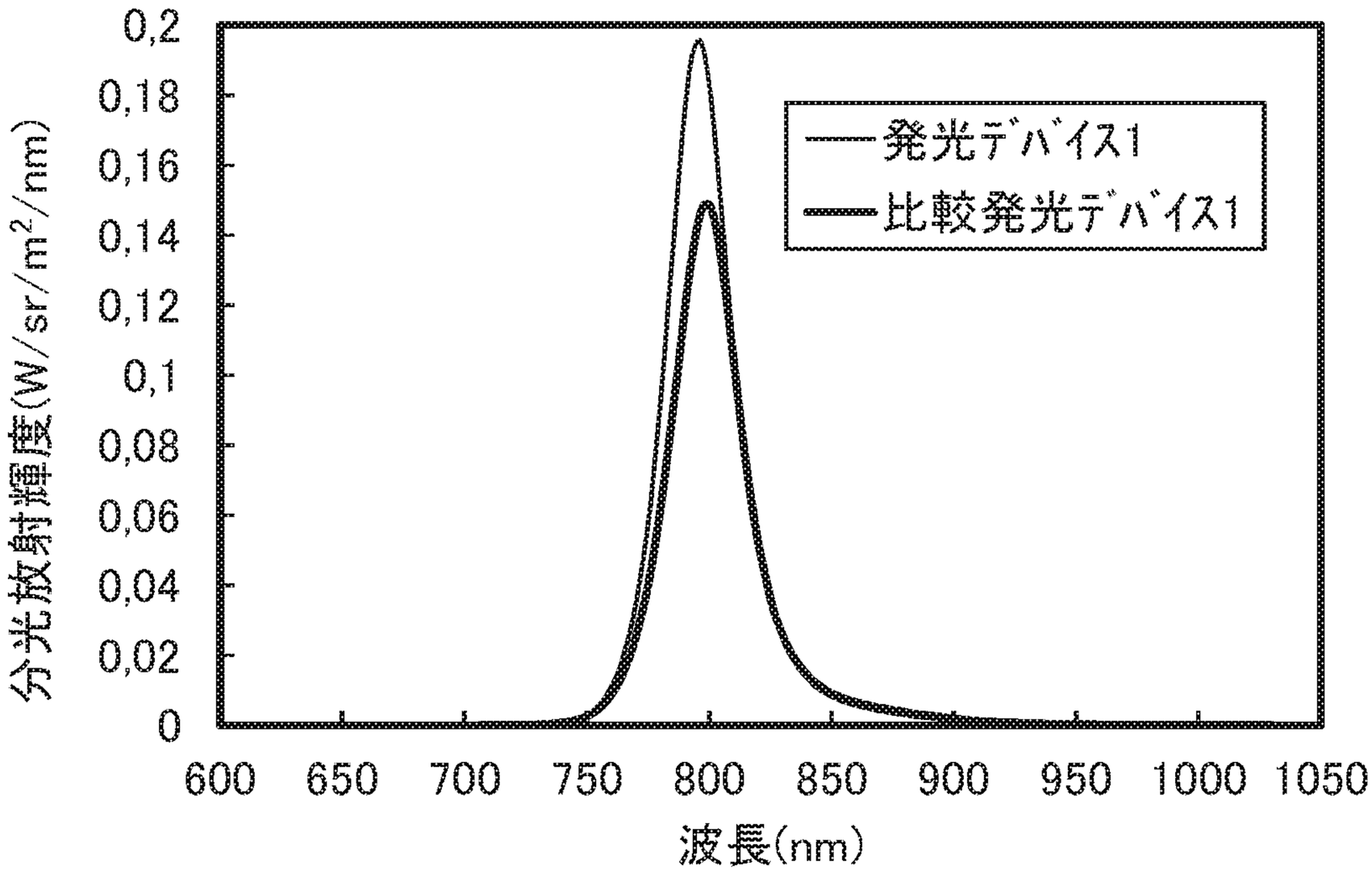

分光放射輝度(W/sr/m2/nm)
0,2
0,18
0,16
0,14
0,12
0,1
0,08
0,06
0,04
0,02
0
600
650
700
750
800
850
900
950
1000
1050
波長(nm)
発光デバイス1
比較発光デバイス1

図 18

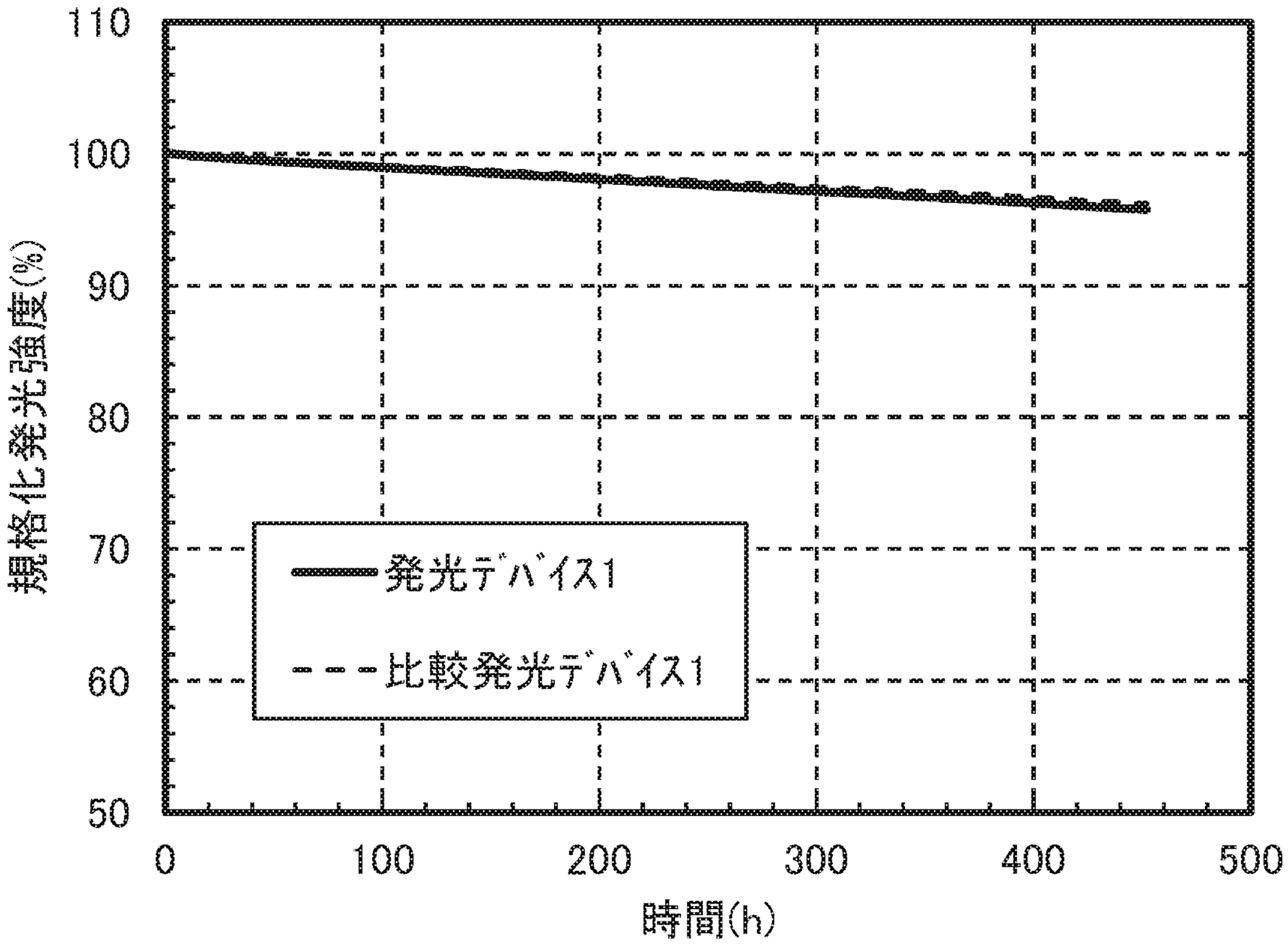

110
100
90
80
70
60
50
規格化発光強度(%)
0
100
200
300
400
500
時間(h)
発光ﾃﾞﾊﾞｲｽ1
比較発光ﾃﾞﾊﾞｲｽ1

図 19

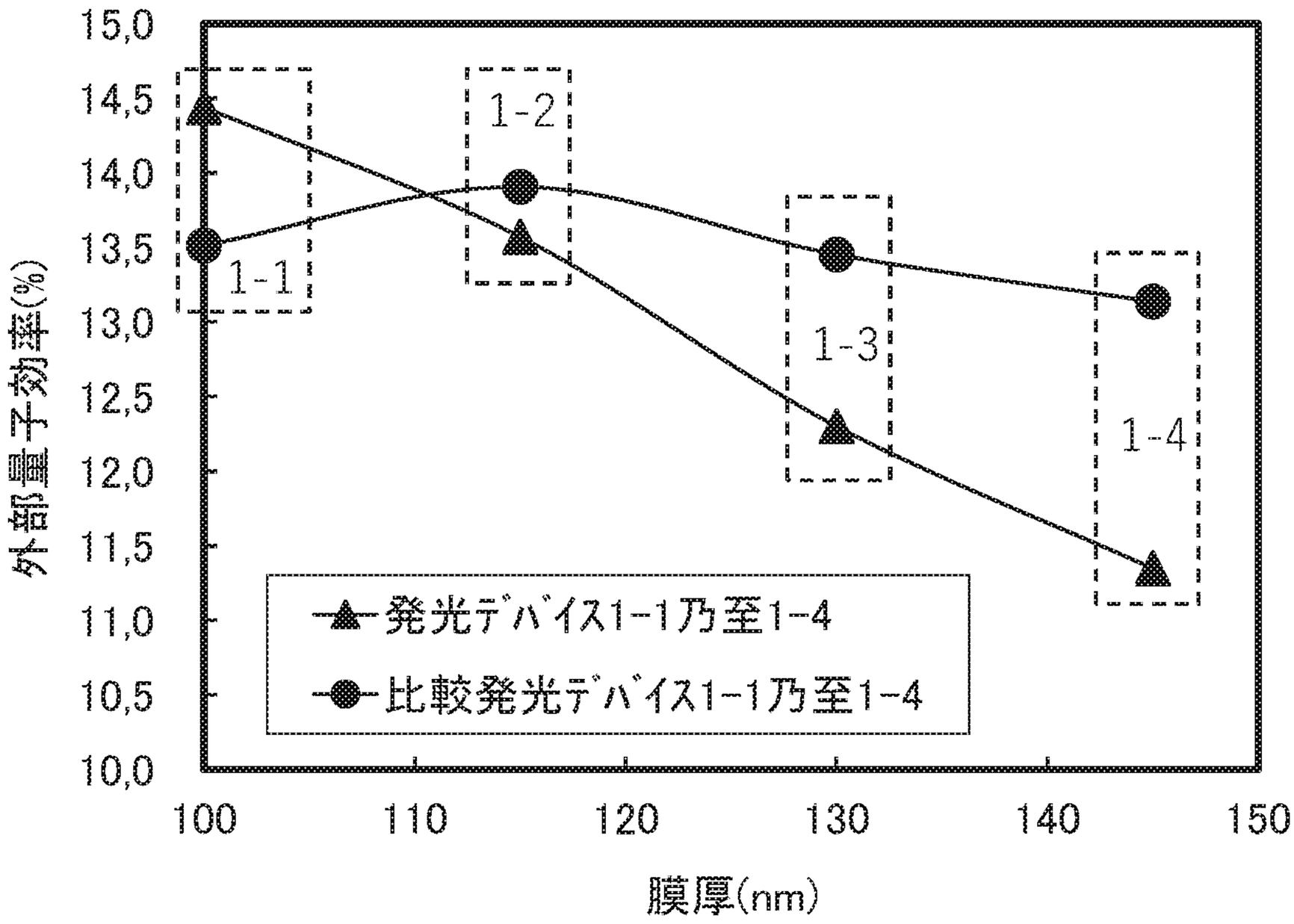

15,0
14,5
14,0
13,5
13,0
12,5
12,0
11,5
11,0
10,5
10,0
外部量子効率(%)
1-1
1-2
1-3
1-4
発光デバイス1-1乃至1-4
比較発光デバイス1-1乃至1-4
100
110
120
130
140
150
膜厚(nm)

図 20A

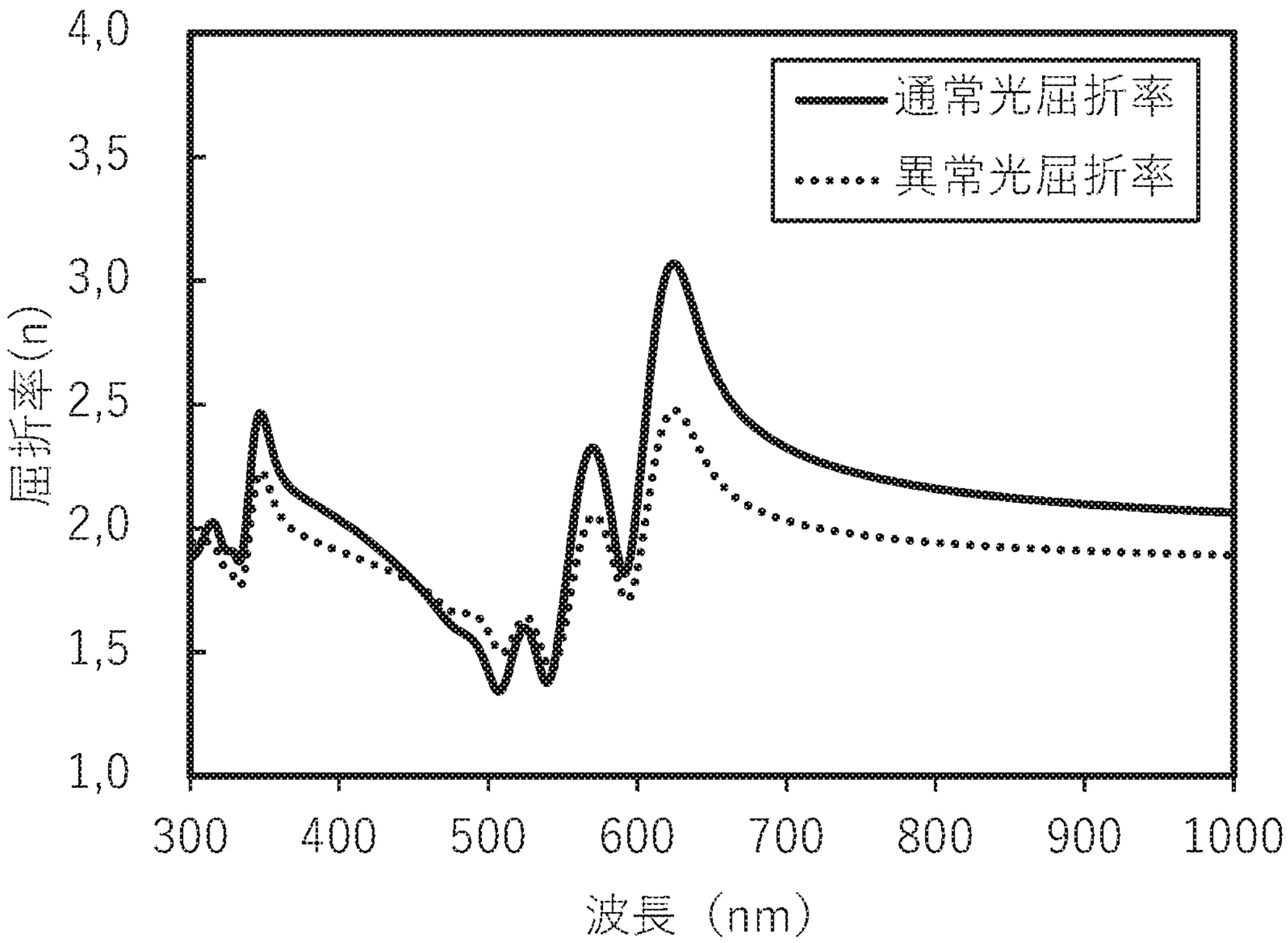

通常光屈折率
異常光屈折率
屈折率(n)
4,0
3,5
3,0
2,5
2,0
1,5
1,0
300
400
500
600
700
800
900
1000
波長（nm）

図20B

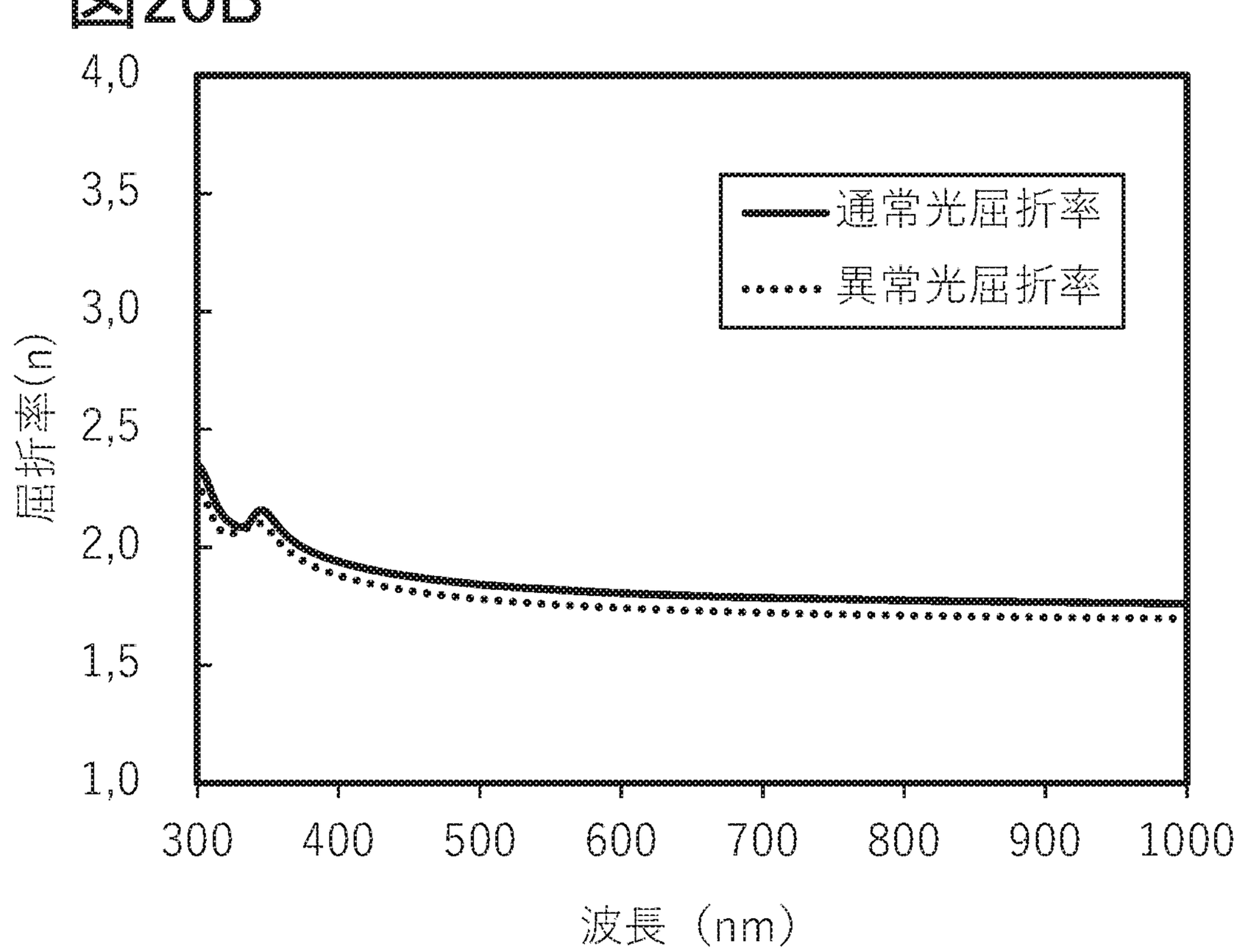

通常光屈折率
異常光屈折率
屈折率(n)
4,0
3,5
3,0
2,5
2,0
1,5
1,0
300
400
500
600
700
800
900
1000
波長（nm）

図 21A

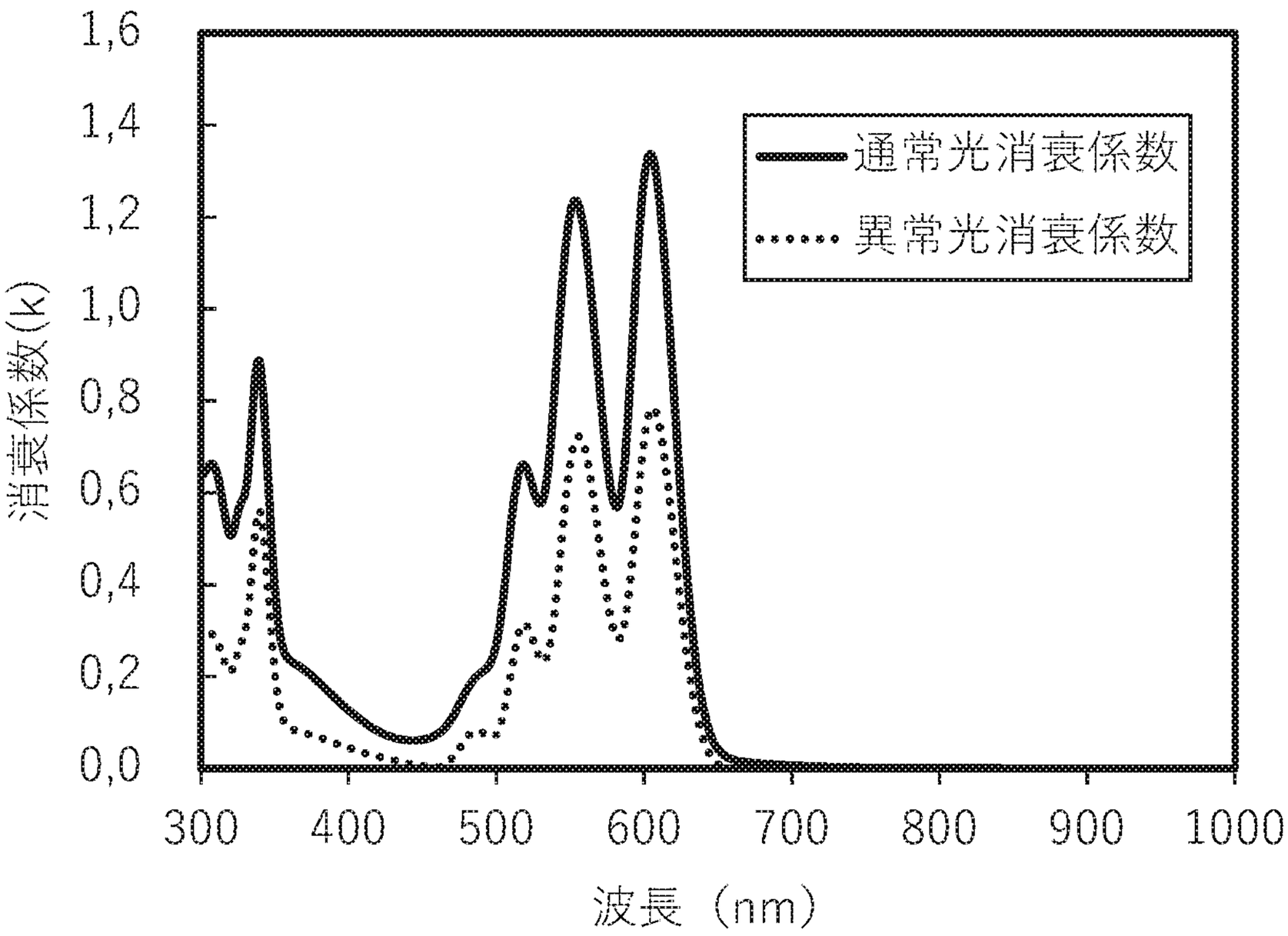

通常光消衰係数
異常光消衰係数
消衰係数(k)
1,6
1,4
1,2
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0,0
300
400
500
600
700
800
900
1000
波長（nm）

図21B

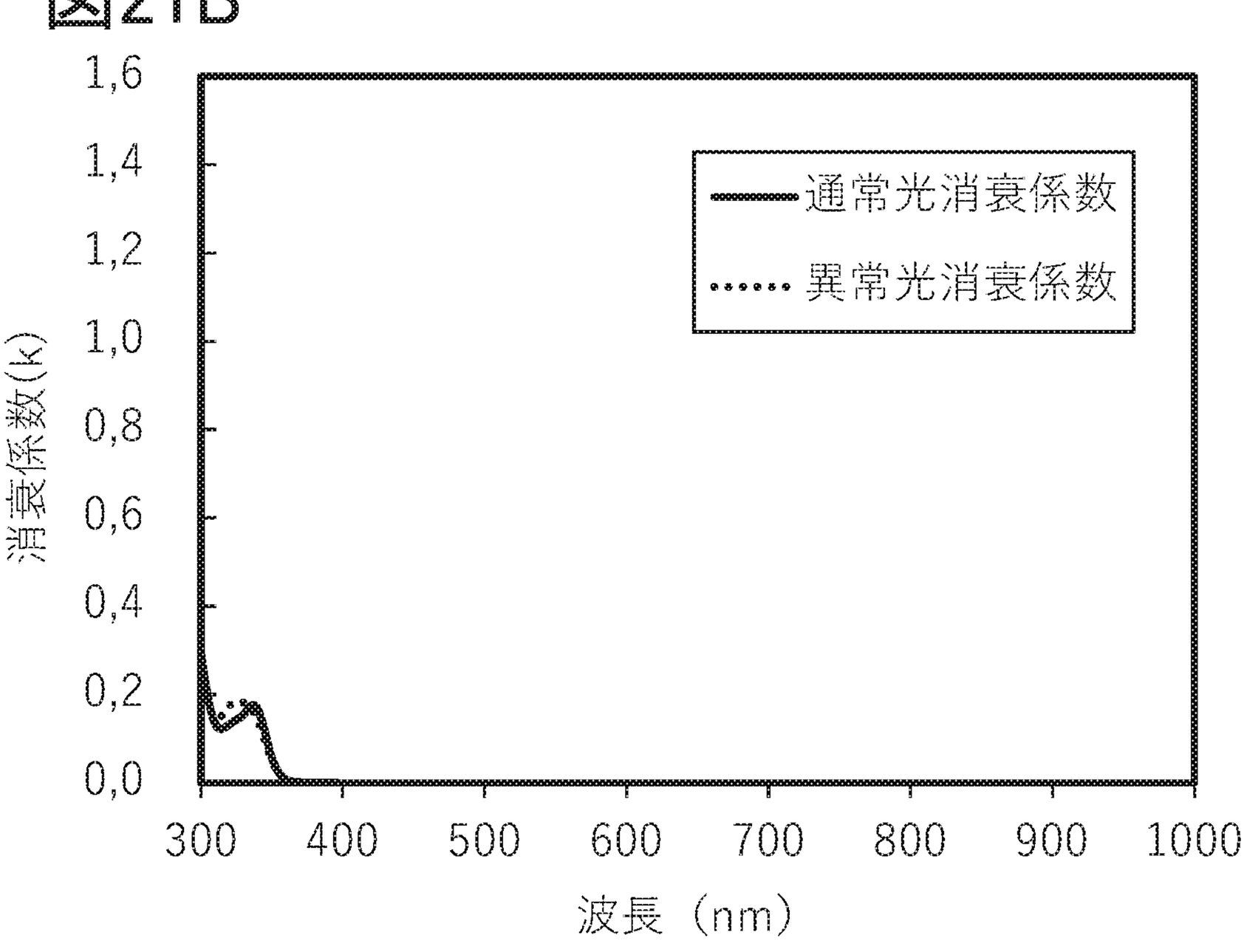
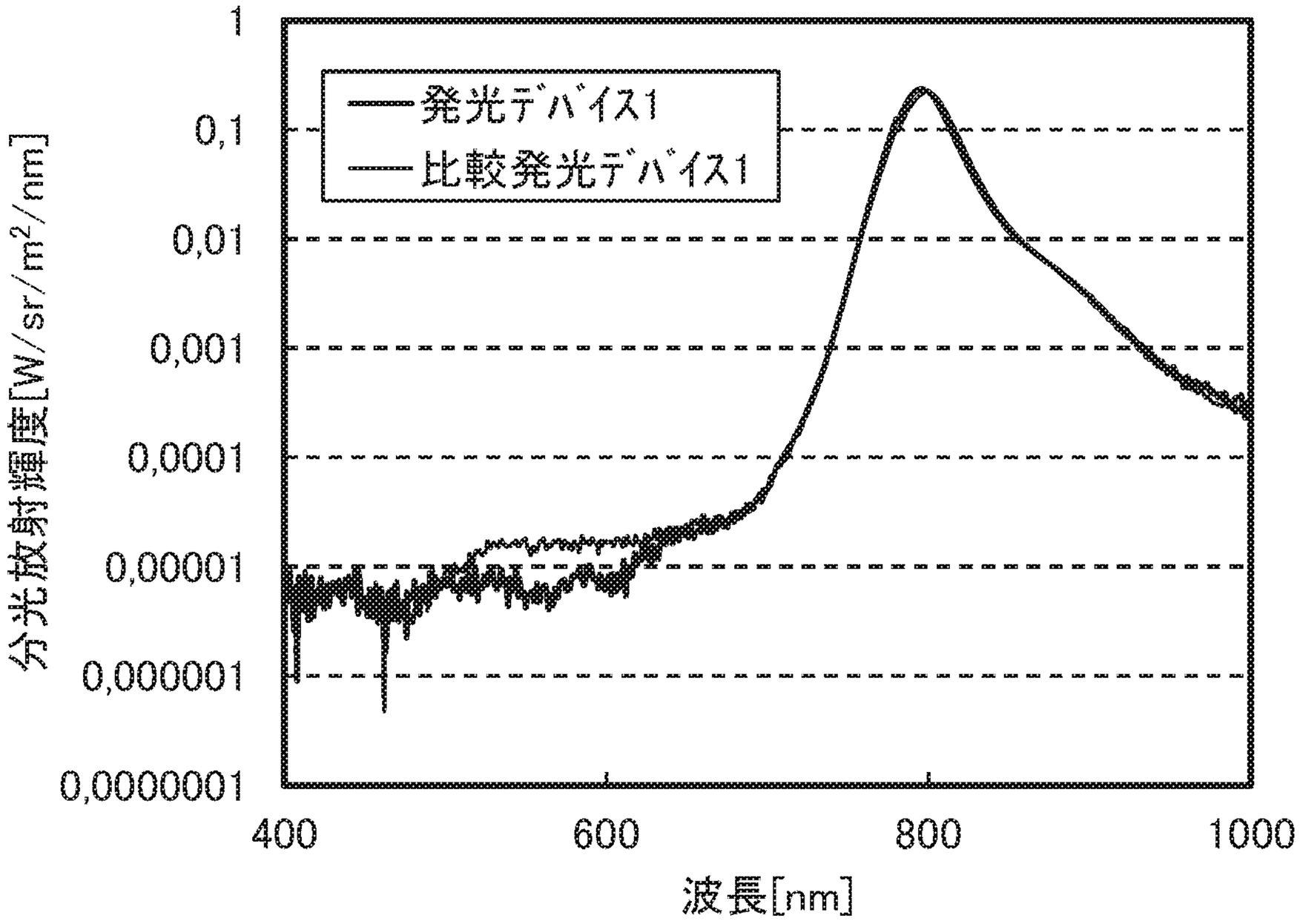

通常光消衰係数
異常光消衰係数
消衰係数(k)
1,6
1,4
1,2
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0,0
300
400
500
600
700
800
900
1000
波長（nm）

図 22


1
0,1
0,01
0,001
0,0001
0,00001
0,000001
0,0000001
分光放射輝度[W/sr/m²/nm]
発光デバイス1
比較発光デバイス1
400
600
800
1000
波長[nm]

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/IB2020/060831

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H05B 33/02(2006.01)i; H01L 51/50(2006.01)i; H05B 33/26(2006.01)i
FI: H05B33/02; H05B33/14 A; H05B33/26 Z
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)
H05B33/02; H01L51/50; H05B33/26

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2016/098283 A1 (SEIKO EPSON CORP.) 23 June 2016 (2016-06-23) claims, paragraphs [0006]-[0101] (in particular, paragraphs [0030], [0042], [0045]-[0063]), fig. 1-11	1-13
Y	JP 2018-092993 A (KYUSHU UNIVERSITY) 14 June 2018 (2018-06-14) claims, paragraphs [0007]-[0081] (in particular, paragraphs [0007]-[0008]), fig. 1-7	1-13
Y	JP 2019-32351 A (AGC INC.) 28 February 2019 (2019-02-28) claims, paragraphs [0002]-[0106] (in particular, paragraphs [0002]-[0003]), fig. 1-16	1-13
Y	JP 2019-114780 A (SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY CO., LTD.) 11 July 2019 (2019-07-11) claims, paragraph [0071], fig. 1-48	1-13

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
10 February 2021 (10.02.2021)	02 March 2021 (02.03.2021)

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/IB2020/060831

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2018-125434 A (NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY) 09 August 2018 (2018-08-09) claims, entire text, all drawings	1-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/IB2020/060831

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2016/098283 A1	23 Jun. 2016	JP 2016-115862 A US 2017/0352695 A1 claims, paragraphs [0005]-[0142] (in particular, paragraphs [0050]-[0051], [0063], [0066]-[0095]), fig. 1-11 CN 107148673 A	
JP 2018-092993 A	14 Jun. 2018	US 2018/0149595 A1 claims, paragraphs [0013]-[0131] (in particular, paragraph [0013]), fig. 1-7	
JP 2019-32351 A	28 Feb. 2019	WO 2017/110939 A1	
JP 2019-114780 A	11 Jul. 2019	(Family: none)	
JP 2018-125434 A	09 Aug. 2018	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/IB2020/060831

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H05B 33/02(2006.01)i; H01L 51/50(2006.01)i; H05B 33/26(2006.01)i
FI: H05B33/02; H05B33/14 A; H05B33/26 Z

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））

H05B33/02; H01L51/50; H05B33/26

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	１９７１－２０２１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２１年

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

C.　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	WO 2016/098283 A1 (セイコーエプソン株式会社) 23.06.2016 (2016-06-23) 請求の範囲、段落【0006】-【0101】（特に、【0030】、【0042】、【0045】-【0063】）、第1図-第11図	1-13
Y	JP 2018-092993 A (国立大学法人九州大学) 14.06.2018 (2018-06-14) 特許請求の範囲、段落【0007】-【0081】（特に【0007】-【0008】）、第1図-第7図	1-13
Y	JP 2019-32351 A (ＡＧＣ株式会社) 28.02.2019 (2019-02-28) 特許請求の範囲、段落【0002】-【0106】（特に【0002】-【0003】）、第1図-第16図	1-13
Y	JP 2019-114780 A (株式会社半導体エネルギー研究所) 11.07.2019 (2019-07-11) 特許請求の範囲、段落【0071】,第1図-第48図	1-13
A	JP 2018-125434 A (国立研究開発法人産業技術総合研究所) 09.08.2018 (2018-08-09) 特許請求の範囲、全文、全図	1-13

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

*　引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
10.02.2021	02.03.2021

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）

越河　勉　20　9313

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/IB2020/060831

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2016/098283 A1	23.06.2016	JP 2016-115862 A US 2017/0352695 A1 all claims, paragraphs【0005】-【0142】(esp.【0050】-【0051】,【0063】,【0066】-【0095】), and figures 1-11 CN 107148673 A	
JP 2018-092993 A	14.06.2018	US 2018/0149595 A1 all claims, paragraphs【0013】-【0131】(esp.【0013】), and figures 1-7	
JP 2019-32351 A	28.02.2019	WO 2017/110939 A1	
JP 2019-114780 A	11.07.2019	(ファミリーなし)	
JP 2018-125434 A	09.08.2018	(ファミリーなし)	