

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2022年3月3日(03.03.2022)



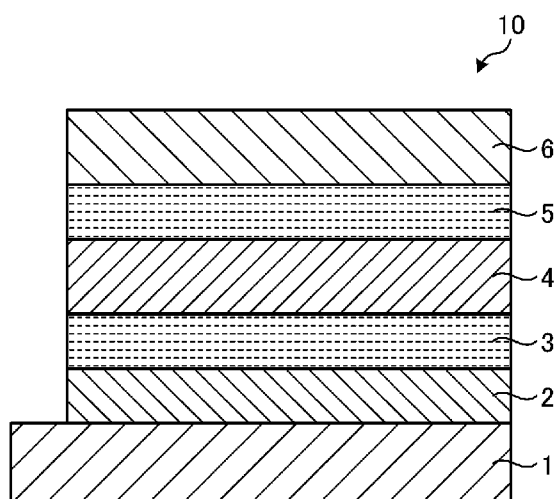
(10) 国際公開番号

WO 2022/044589 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 51/42 (2006.01) *H01L 51/50* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/026353
- (22) 国際出願日: 2021年7月13日(13.07.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2020-146060 2020年8月31日(31.08.2020) JP
- (71) 出願人: 東レ株式会社 (**TORAY INDUSTRIES, INC.**) [JP/JP]; 〒1038666 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 山本 修平 (**YAMAMOTO, Shuhei**); 〒5208558 滋賀県大津市園山1丁目1番1号 東レ株式会社 滋賀事業場内 Shiga (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 酒井国際特許事務所 (**SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE**); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング Tokyo (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,

(54) **Title:** LIGHT RECEPTION/EMISSION ELEMENT, AND ELECTRONIC DEVICE AND BIOLOGICAL SENSING DEVICE USING SAME

(54) 発明の名称: 受発光素子、これを用いた電子デバイスおよび生体センシングデバイス



(57) **Abstract:** This light reception/emission element (10) comprises a positive electrode (2), a negative electrode (6), and a light reception/emission layer (4) located between the positive electrode (2) and the negative electrode (6) and made from two or more types of organic materials. The light reception/emission layer (4) contains an electron donating material and an electron accepting material that satisfy the following relationships in terms of energy level: the HOMO of the electron donating material is higher than the HOMO of the electron accepting material; and the LUMO of the electron donating material is higher than the LUMO of the electron accepting material. At least one of these materials has a smaller band gap than the maximum light-emission wavelength energy at the time of application of a voltage to the light

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.

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

添付公開書類：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

reception/emission layer (4). The electron donating material is distributed unevenly toward the positive electrode side within the light reception/emission layer (4). A region where the normalized responsivity spectrum and the normalized light-emission spectrum of the light reception/emission element (10) overlap one another occupies at least 50% of the region of the normalized light-emission spectrum.

(57) 要約：受発光素子（10）は、陽極（2）と、陰極（6）と、これら陽極（2）および陰極（6）の間に位置し、2種以上の有機材料から成る受発光層（4）とを備える。受発光層（4）は、「電子供与性材料のHOMO>電子受容性材料のHOMO」と「電子供与性材料のLUMO>電子受容性材料のLUMO」とによって表されるエネルギー準位の関係性を満たす電子供与性材料および電子受容性材料を含む。これらの材料のうち少なくとも一方は、受発光層（4）への電圧印加時の最大発光波長エネルギーよりも小さいバンドギャップを有する。電子供与性材料は、受発光層（4）内の陽極側に偏在する。この受発光素子（10）の規格化した受光感度スペクトルと規格化した発光スペクトルとの重なる領域は、前記規格化した発光スペクトルの領域の50%以上を占める。

明 細 書

発明の名称：

受発光素子、これを用いた電子デバイスおよび生体センシングデバイス
技術分野

[0001] 本発明は、受光素子としての機能と発光素子としての機能を併せ持つ受発光素子、これを用いた電子デバイスおよび生体センシングデバイスに関する。

背景技術

[0002] 近年、IoT (Internet of Things) やビッグデータが注目を集めており、それを支える様々なデータを取得するセンシング技術の重要度が増している。センシング技術には様々な方式が存在するが、中でも、光センシングは、対象波長を変えることによりセンシング対象を変えることができるなど、多様な用途展開が可能であり、有用性が高いセンシング技術の一つである。

[0003] 光センサーは、一般に、発光素子と受光素子とを独立に備え、発光素子からの光を対象物に照射し、対象物を透過もしくは反射した光を受光素子により受光してセンシングする。このような光センサーは、例えば、波長として近赤外光を用いることにより、生体情報を読み取ることが可能である。さらに、基板や発光素子、受光素子を主に有機物で形成することにより、薄型でフレキシブルなデバイスを構成することが可能である（例えば非特許文献1参照）。

[0004] また、これら発光素子と受光素子とを基板上に多数並べて配置し、アレイ化することにより、撮像デバイスとして用いることも可能である。このような技術として、例えば、非特許文献2には、有機受光素子を薄型トランジスタアレイ（TFTアレイ）基板上に配置した、生体情報を読み取り可能なフレキシブル撮像デバイスが開示されている。しかしながら、このデバイスには発光素子は組み込まれていないため、別途外部からの光源が必要となる。

また、特許文献1には、複数の発光素子と複数の受光素子とを基板上に多数独立に並べて配置した受発光一体型デバイスが開示されている。特許文献1に記載のデバイスでは、受発光一体型とすることにより、外部からの光源を不要とすることができ、より薄型でフレキシブルなデバイスが構成可能である。しかしながら、このように、複数の発光素子と複数の受光素子とを基板上に多数独立に作り分けるには、多大な手間がかかるとともに、製造方法によっては一素子の領域を小さくすることに限界がある。さらに、発光素子と受光素子とを同一基板内に独立に作り分けることから、基板内でセンシングを行う受光領域が少なくなり、高精細化にも限界が生じる。

[0005] 一方で、特許文献2には、受光機能と発光機能とを併せ持つ撮像素子が開示されている。受光機能と発光機能とを併せ持つ素子を用いることにより、発光素子と受光素子とを作り分ける必要がなくなり、製造が容易となる。さらに、このような機能を持つ素子として、ルブレンとフラーレンとを積層した素子や、トリフェニルアミン化合物とフラーレンとを積層した素子も提案されている（例えば、非特許文献3および4参照）。また、ポリチオフェンとフラーレン誘導体との混合層にルブレンを少量添加した素子も提案されている（例えば、非特許文献5参照）。

先行技術文献

非特許文献

[0006] 非特許文献1：「サイエンス アドバンスズ (Science Advances)」、2016年、2巻、e1501856頁

非特許文献2：「ネイチャー エレクトロニクス (Nature Electronics)」、2020年、3巻、113-121頁

非特許文献3：「アドヴァンスト マテリアルズ (Advanced Materials)」、2007年、19巻、3613-3617頁

非特許文献4：「アドヴァンスト マテリアルズ (Advanced Materials)」、2006年、18巻、3033-3037頁

非特許文献5：「シンセティック メタルズ (Synthetic Metals)

l s)」、2012年、162巻、281-284頁

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2013-73965号公報

特許文献2：特開2009-81297号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 本発明者らは、受光機能と発光機能とを併せ持つ素子（以下、受発光素子と称する）であれば、外部光源を必要とせず、薄型でフレキシブルな光センシングデバイスが構成可能となり、様々な用途へ適用可能と考えた。しかしながら、従来提案されてきた受発光素子では、同一構成の受発光素子からの発光に対する受光感度が不十分であった。

[0009] 本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであって、同一構成の受発光素子からの発光に対する受光感度が良好な受発光素子、これを用いた電子デバイスおよび生体センシングデバイスを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明者らは、検討を重ねた結果、受発光素子の受光感度スペクトルと発光スペクトルとの重なりが特に重要であることを見出した。すなわち、上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係る受発光素子は、陽極と、陰極と、前記陽極および前記陰極の間に位置し、2種以上の有機材料から成る受発光層と、を備え、前記受発光層は、下記の式（1）および式（2）によって表されるエネルギー準位の関係性を満たす電子供与性材料および電子受容性材料を含み、前記電子供与性材料および前記電子受容性材料のうち少なくとも一方は、前記受発光層に電圧を印加した際の最大発光波長エネルギーよりも小さいバンドギャップを有する受発光層材料であり、前記電子供与性材料は、前記受発光層内において前記陽極側に偏在し、規格化した受光感度スペクトルと規格化した発光スペクトルとの重なる領域は、前記規格化した発光スペクトルの領域の50%以上を占める、ことを特徴とする。

電子供与性材料のHOMO>電子受容性材料のHOMO・・・(1)

電子供与性材料のLUMO>電子受容性材料のLUMO・・・(2)

[0011] また、本発明に係る受発光素子は、上記の発明において、規格化前の受光感度スペクトルと前記規格化した発光スペクトルとの重なる領域は、前記規格化した発光スペクトルの領域の5%以上を占める、ことを特徴とする。

[0012] また、本発明に係る受発光素子は、上記の発明において、前記電子供与性材料が、前記受発光層に電圧を印加した際の最大発光波長エネルギーよりも小さいバンドギャップを有する前記受発光層材料である、ことを特徴とする。

[0013] また、本発明に係る受発光素子は、上記の発明において、前記受発光層に電圧を印加した際の最大発光波長における吸光度が0.1以上である、ことを特徴とする。

[0014] また、本発明に係る受発光素子は、上記の発明において、前記受発光層に電圧を印加した際の最大発光波長における、前記受発光層材料の単一膜の吸光係数が 30000 cm^{-1} 以上である、ことを特徴とする。

[0015] また、本発明に係る受発光素子は、上記の発明において、前記受発光層は、ドメインサイズが40nm以上の受光部および発光部のうち少なくとも一つを有する、ことを特徴とする。

[0016] また、本発明に係る受発光素子は、上記の発明において、前記受発光層に電圧を印加した際の最大発光波長が700nm以上である、ことを特徴とする。

[0017] また、本発明に係る受発光素子は、上記の発明において、前記受発光層は、ジケトピロロピロールホウ素錯体化合物およびフラーレン化合物を含む、ことを特徴とする。

[0018] また、本発明に係る受発光素子は、上記の発明において、前記受発光層は、ルブレン化合物およびチオフェン化合物を含む、ことを特徴とする。

[0019] また、本発明に係る電子デバイスは、上記の発明のいずれか一つに記載の受発光素子を基板上に複数備える、ことを特徴とする。

[0020] また、本発明に係る電子デバイスは、上記の発明において、複数の前記受発光素子は、互いに同一構成の受発光素子である、ことを特徴とする。

[0021] また、本発明に係る電子デバイスは、上記の発明のいずれか一つに記載の受発光素子を複数備え、複数の前記受発光素子は、互いに同一構成の受発光素子であり、複数の前記受発光素子のうち、少なくとも一つの第1受発光素子は、対象物に光を発光して照射し、前記第1受発光素子以外の第2受発光素子は、前記対象物を透過または反射した光を受光する、ことを特徴とする。

[0022] また、本発明に係る電子デバイスは、上記の発明のいずれか一つに記載の受発光素子をTFTアレイ基板上に備える、ことを特徴とする。

[0023] また、本発明に係る生体センシングデバイスは、上記の発明のいずれか一つに記載の受発光素子を備える、ことを特徴とする。

発明の効果

[0024] 本発明によれば、製造が容易で、かつ同一構成の受発光素子からの発光に対する受光感度が良好な受発光素子、これを用いた電子デバイスおよび生体センシングデバイスを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]図1は、本発明の実施形態に係る受発光素子の規格化した受光感度スペクトルおよび規格化した発光スペクトルの一例を示す図である。

[図2]図2は、本発明の実施形態に係る受発光素子の規格化前の受光感度スペクトル（外部量子収率スペクトル）および規格化した発光スペクトルの一例を示す図である。

[図3]図3は、本発明の実施形態に係る受発光素子の一態様を示す断面模式図である。

[図4]図4は、実施例13において作製した生体センシングデバイスによる脈波計測結果の一例を示す図である。

[図5]図5は、実施例14において作製した生体センシングデバイスによる脈波計測結果の一例を示す図である。

[図6]図6は、比較例6において作製した生体センシングデバイスによる脈波計測結果の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0026] 以下、本発明に係る受発光素子、これを用いた電子デバイスおよび生体センシングデバイスの実施形態を具体的に説明するが、本発明は以下の実施形態に限定されるものではなく、目的や用途に応じて種々に変更して実施することができる。また、図面は模式的なものであり、各要素の寸法の関係、各要素の比率などは、現実のものとは異なる場合があることに留意する必要がある。

[0027] (受発光素子)

本発明の実施形態に係る受発光素子は、陽極と陰極とを備え、これら陽極および陰極の間に、2種以上の有機材料から成る受発光層を備えている。この受発光素子において、受発光層は、陽極に正の電圧を印加したときに発光機能を示し、陽極にゼロまたは負の電圧を印加した場合には受光機能を示す層である。また、陽極および陰極のうち少なくとも一方は、光透過性を有することが好ましい。

[0028] 本発明の実施形態に係る受発光素子は、「規格化した受光感度スペクトルと規格化した発光スペクトルとの重なる領域（以下、重なり領域と適宜略す）が、この規格化した発光スペクトルの領域の50%以上を占める」という条件を満足する。図1は、本発明の実施形態に係る受発光素子の規格化した受光感度スペクトルおよび規格化した発光スペクトルの一例を示す図である。例えば図1に示すように、この規格化した受光感度スペクトル101は、この規格化した発光スペクトル102と一部重なった状態にある。これら規格化した受光感度スペクトル101と規格化した発光スペクトル102との重なり領域103は、この規格化した発光スペクトル102の領域の50%以上を占めている。すなわち、この規格化した発光スペクトル102の全領域に対する重なり領域103の割合は、50%以上である。このように上記両スペクトル同士の重なりを設定することによって、当該受発光素子は、こ

れと同一構成の受発光素子からの発光に対して高い受光感度を達成することができる。

[0029] 本発明において、受光感度スペクトルとは、受発光素子に各波長の光を照射した際の光電変換応答性を外部量子収率で示したスペクトルのことである。規格化した受光感度スペクトルとは、当該受光感度スペクトルを後述の手法によって規格化したものである。規格化した発光スペクトルは、当該受発光素子の発光スペクトルを後述の手法によって規格化したものである。また、図1において、規格化受光感度は、規格化した受光感度スペクトルによって示される受光感度の規格化値である。規格化発光強度は、規格化した発光スペクトルによって示される発光強度の規格化値である。

[0030] また、本発明の実施形態に係る受発光素子は、「規格化前の受光感度スペクトルと規格化した発光スペクトルとの重なる領域が、この規格化した発光スペクトルの領域の5%以上を占める」という条件を満足することが、さらに好ましい。図2は、本発明の実施形態に係る受発光素子の規格化前の受光感度スペクトルおよび規格化した発光スペクトルの一例を示す図である。例えば図2に示すように、この規格化前の受光感度スペクトル101Aは、この規格化した発光スペクトル102と一部重なった状態にある。これら規格化前の受光感度スペクトル101Aと規格化した発光スペクトル102との重なり領域103Aは、この規格化した発光スペクトル102の領域の5%以上を占めることが好ましい。すなわち、この規格化した発光スペクトル102の全領域に対する重なり領域103Aの割合は、5%以上であることが好ましい。当該重なり領域103Aの割合として、より好ましくは10%以上である。これにより、当該受発光素子自身からの発光に対する当該受発光素子の受光感度をより高めることができる。なお、規格化前の受光感度スペクトルとは、当該受発光素子の受光感度スペクトルを規格化する前のもの（すなわち規格化していない受光感度スペクトル）である。

[0031] 受光感度スペクトルは、分光感度測定装置によって測定することができる。例えば、受発光素子に単色光を照射した際の電流応答性を分光感度測定装

置によって測定し、その光電変換応答性を外部量子収率に変換することにより、目的の受光感度スペクトルを表示することができる。受光感度スペクトルは、上記のようにして得られた外部量子収率の波長依存性の最大値で各波長の外部量子収率を割ることにより、規格化することができる。また、発光スペクトルは、分光放射照度計を用いて、各波長の発光量を測定することで得られる。発光スペクトルは、上記のようにして得られた発光量の波長依存性の最大値で各波長の発光量を割ることにより、規格化することができる。

[0032] さらに、本発明の実施形態に係る受発光素子において、受発光層に電圧を印加した際の最大発光波長における受発光素子の吸光度は、0.1以上であることが好ましい。この吸光度を0.1以上とすることにより、受発光素子自身からの発光に対する受光感度をより高めることができる。ここで、受発光素子の吸光度は、受発光素子の反射吸収スペクトルを測定することにより得られる。このとき、例えば300nm～1200nmの波長範囲で測定した受発光素子の最小吸光度をベースラインとして補正を行い、実測した受発光素子の反射吸収スペクトルとベースライン値（最小吸光度）との差分が、目的とする吸光度となる。なお、最大発光波長は、発光スペクトルにおいて発光量（発光強度）が最大ピークとなるときの波長である。

[0033] このように、同一構成の受発光素子からの発光に対して高い受光感度を達成することにより、受光素子と発光素子とを作り分ける必要がなくなり、製造が容易であり且つ受光機能と発光機能とを併せ持つ受発光素子を実現することが可能となる。このような受発光素子を用いることにより、当該受発光素子の作用効果を享受し得る光センサーを実現することが可能となる。

[0034] また、本発明の実施形態に係る受発光素子において、受発光層に電圧を印加した際の最大発光波長は、700nm以上（すなわち赤外光波長領域の波長）であることが好ましい。このような赤外光波長領域に最大発光波長を有することにより、当該受発光素子を適用した光センサーは、人の目に不可視な光の受発光によって動作可能なものとなる。また、700nm～1400nmの波長範囲は、生体の窓と呼ばれる領域である。本発明の実施形態に係

る受発光素子は、この波長範囲の受発光応答性を有することにより、生体センシングに好適に適用することができる。発光スペクトルは、その形状がシャープであるほうが、ブロード化しやすい受光感度スペクトルとの重なりを大きくしやすい。このため、発光スペクトルの半値幅は、より狭いことが好ましい。また、波長によってセンシング対象を選別するためにも、発光スペクトルの半値幅は、より狭いことが好ましい。具体的には、発光スペクトルの半値幅は、60 nm以下であることが好ましい。

[0035] 図3は、本発明の実施形態に係る受発光素子の一態様を示す断面模式図である。図3に示すように、本実施形態に係る受発光素子10は、基板1の上に、陽極2と、陰極6と、これら陽極2および陰極6の間に位置する受発光層4とを備えている。また、受発光素子10は、陽極2および受発光層4の間に位置する正孔輸送層3と、陰極6および受発光層4の間に位置する電子輸送層5とを備えている。例えば、図3に示す受発光素子10は、基板1の上に、陽極2、正孔輸送層3、受発光層4、電子輸送層5および陰極6をこの順に有している。

[0036] なお、受発光素子10は、図3に示す積層構造のものに限定されない。特に図示しないが、例えば、受発光素子10の他の態様として、基板1の上に、陰極6、電子輸送層5、受発光層4、正孔輸送層3および陽極2をこの順に有する受発光素子とすることも可能である。

[0037] 受発光素子10が発光および受光を行うために、陽極2および陰極6のいずれか一方は光透過性を有することが好ましい。これらの電極のうち光透過性を有するものは、基板1側の電極（図3では陽極2）であってもよいし、基板1とは反対側の電極（図3では陰極6）であってもよい。

[0038] 基板1は、種類や用途に応じて、電極材料や有機半導体層が積層できる基板である。例えば、基板1として、無機材料または有機材料から任意の方法によって作製されたフィルムや板が使用可能である。基板1を構成する無機材料としては、無アルカリガラス、石英ガラス、アルミニウム、鉄、銅、およびステンレスなどの合金等が挙げられる。基板1を構成する有機材料とし

ては、ポリエステル、ポリカーボネート、ポリオレフィン、ポリアミド、ポリイミド、ポリフェニレンスルフィド、ポリパラキシレンポリメチルメタクリレート、エポキシ樹脂やフッ素系樹脂等が挙げられる。また、受発光素子 10 が基板 1 側から発光または受光する場合、基板 1 として用いられるフィルムまたは板は、80%程度の光透過性を持たせたものであることが好ましい。また、複数の受発光素子 10 を多数配列して使用する場合、基板 1 は、TFT アレイと組み合わせたもの（TFT アレイ基板）であることが好ましい。基板 1 上に TFT アレイを形成しておくことも好ましい態様の一つである。

[0039] 陽極 2 および陰極 6（以下、これらを総称して「電極」と適宜略す）は、導電性材料から構成される。例えば、電極の素材としては、金、白金、銀、銅、鉄、亜鉛、錫、アルミニウム、インジウム、クロム、ニッケル、コバルト、スカンジウム、バナジウム、イットリウム、セリウム、サマリウム、ユーロピウム、テルビウム、イッテルビウム、モリブデン、タングステン、チタンなどの金属のほか、金属酸化物、複合金属酸化物（インジウム錫酸化物（ITO）、インジウム亜鉛酸化物（IZO）、アルミニウム亜鉛酸化物（AZO）、ガリウム亜鉛酸化物（GZO）など）、アルカリ金属やアルカリ土類金属（リチウム、マグネシウム、ナトリウム、カリウム、カルシウム、ストロンチウム、バリウム）などが好ましく用いられる。さらに、これらの金属からなる合金やこれらの金属の積層体からなる電極も好ましく用いられる。また、グラファイト、グラファイト層間化合物、カーボンナノチューブ、グラフェン、ポリアニリン及びその誘導体、ポリチオフェン及びその誘導体を含む電極も好ましく用いられる。また、電極は、2 種以上の材料から成る混合層であってもよいし、2 種以上の化合物から成る複数の層を積層した積層構造の層であってもよい。

[0040] また、陽極 2 および陰極 6 のうち少なくとも一方は、光透過性を有することが好ましい。本発明においては、陽極 2 および陰極 6 のいずれか一方が光透過性を有すればよいが、これら陽極 2 および陰極 6 の両方が光透過性を有

してもよい。ここで、「光透過性を有する」とは、「受発光層に入射光が到達して起電力が発生する程度、および受発光層に電圧を印加して発生した光が外部へ取り出される程度に光を透過すること」を意味する。すなわち、電極が光透過率として0%を超える値を有する場合、当該電極は光透過性を有することとなる。この光透過性を有する電極は、400nm以上900nm以下の全ての波長領域において60%~100%の光透過率を有することが好ましい。また、光透過性を有する電極の厚さは、十分な導電性が得られる程度の厚さであればよく、材料によって異なるが、20nm~300nmであることが好ましい。なお、光透過性を有しない電極は、導電性があれば十分であり、厚さも特に限定されない。

[0041] 正孔輸送層3は、本発明における受発光素子に必須の構成部ではない。しかし、正孔輸送層3を設けることによって、キャリアを取り出したり或いは注入したりするのに適した界面状態を形成できるとともに、電極間の短絡を防止する効果がある。したがって、本発明において、受発光素子は、正孔輸送層3が設けられていることが好ましい。例えば、図3に示す受発光素子10は、陽極2と受発光層4との間に正孔輸送層3を備えている。

[0042] 例えば、正孔輸送層3を形成する材料としては、ポリチオフェン系重合体、ポリ-p-フェニレンビニレン系重合体、ポリフルオレン系重合体、ポリピロール重合体、ポリアニリン重合体、ポリフラン重合体、ポリピリジン重合体、ポリカルバゾール重合体などの導電性高分子や、フタロシアニン誘導体(H₂Pc、CuPc、ZnPcなど)、ポルフィリン誘導体、アセン系化合物(テトラセン、ペンタセンなど)などのp型半導体特性を示す低分子有機化合物、カーボンナノチューブやグラフェン、酸化グラフェンなどの炭素化合物、MoO₃などの酸化モリブデン(MoO_x)、WO₃などの酸化タングステン(WO_x)、NiOなどの酸化ニッケル(NiO_x)、V₂O₅などの酸化バナジウム(VO_x)、ZrO₂などの酸化ジルコニウム(ZrO_x)、Cu₂Oなどの酸化銅(CuO_x)、ヨウ化銅、RuO₄などの酸化ルテニウム(RuO_x)、Re₂O₇などの酸化ルテニウム(ReO_x)などの無機化合物が好ましく用い

られる。特に、ポリチオフェン系重合体であるポリエチレンジオキシチオフェン（PEDOT）やPEDOTにポリスチレンスルホネート（PSS）が添加されたもの、酸化モリブデン、酸化バナジウム、酸化タングステンは、正孔輸送層3の材料として好ましく用いられる。正孔輸送層3は、単独の化合物から成る層であってもよいし、2種以上の化合物から成る混合層であってもよいし、2種以上の化合物から成る複数の層を積層した積層構造の層であってもよい。

[0043] 正孔輸送層3と隣接する陽極2が光透過性を有する構成を受発光素子10に適用する場合、正孔輸送層3は、受発光素子10（詳細には受発光層4）に電圧印加した際の発光波長に対して光透過性が高いことが好ましい。すなわち、この場合、正孔輸送層3の材料が、上記発光波長に対して光吸収能を持たない材料であることがより好ましい。また、正孔輸送層3の厚さは、特に限定されないが、5 nm以上600 nm以下であることが好ましく、10 nm以上200 nm以下であることがより好ましい。

[0044] 受発光層4は、陽極2および陰極6の間に形成される。例えば図3に示す受発光素子10では、受発光層4は、陽極2側の正孔輸送層3と陰極6側の電子輸送層5との間に形成されている。受発光層4は、陽極2に正の電圧を印加することによって電圧が印可される。受発光層4は、このように正の電圧が印可された場合に発光機能を示し、陽極2にゼロまたは負の電圧が印加された場合に受光機能を示す層である。

[0045] 受発光層4は、上記の発光機能および受光機能を有するものであり、2種以上の有機材料から成る。有機材料とは、高分子材料や低分子材料のことを指し、化学構造の一部に金属原子を含むような錯体も含む。また、受発光層4は、電子供与性材料および電子受容性材料を含む。これらの材料を受発光層4が含むことで、受発光層4が受光した際の電荷分離が促進され、受発光層4の受光感度を高めることができる。これらの電子供与性材料および電子受容性材料は、下記の式（1）および式（2）によって表されるエネルギー準位の関係性を満たす。

電子供与性材料のHOMO>電子受容性材料のHOMO・・・(1)

電子供与性材料のLUMO>電子受容性材料のLUMO・・・(2)

式(1)および式(2)において、HOMOは、最高被占軌道のエネルギー準位であり、LUMOは、最低空軌道のエネルギー準位である。

[0046] また、これら電子供与性材料および電子受容性材料のエネルギー準位差は、下記の式(3)および式(4)を満たすことが好ましい。

電子供与性材料のHOMO－電子受容性材料のHOMO>0.5 eV
・・・(3)

電子供与性材料のLUMO－電子受容性材料のLUMO>0.5 eV
・・・(4)

また、高い開放電圧を得るという観点から、これら電子供与性材料および電子受容性材料のエネルギー準位差は、下記の式(5)を満たすことが好ましい。

電子供与性材料のHOMO－電子受容性材料のLUMO>1.0 eV
・・・(5)

[0047] また、受発光層4に含まれる電子供与性材料および電子受容性材料のうち少なくとも一方は、当該受発光層4に電圧を印加した際の最大発光波長エネルギーよりも小さいバンドギャップの材料（以下、受発光層材料という）である。このような受発光層材料を受発光層4が含むことで、上述の規格化した受光感度スペクトルと規格化した発光スペクトルとの重なり領域の、当該規格化した発光スペクトルの全領域に対する割合を容易に50%以上に高めることができる。

[0048] さらに、受発光層4の内部において、上述した電子供与性材料は、陽極2側に偏在している。受発光層4が電子供与性材料について上記のような非対称の構成をとることで、受発光層4は、電荷輸送性を高めて受光感度を向上させるとともに、電荷ブロックにより再結合性が向上して発光強度も向上させることができる。ここで、「陽極側に偏在している」とは、受発光層の膜厚方向の分布において、陰極側よりも陽極側で濃度が高いことを指す。具体

的には、受発光層4の膜厚方向の中心位置よりも陽極2側の領域における濃度（例えば電子供与性材料の濃度）が、受発光層4の膜厚方向の中心位置よりも陰極6側の領域に比べて高いことである。このような構成として、例えば、電子供与性材料と電子受容性材料との積層構造や、それらに電子供与性材料と電子受容性材料との混合層を含む積層構造などが挙げられる。これとは逆に、受発光層4の内部において、電子供与性材料が陰極6側に偏在している場合、受発光層4への電荷注入が生じにくくなり、さらに、電荷ブロックの効果が得られなくなるため、発光強度の低下を招く。また、上記電子供与性材料の陰極6側への偏在は、受光機能を用いようとする場合、受発光層4の内部で発生した電子が電子供与性材料を移動しにくいため、受光感度の低下も引き起こす。

[0049] また、受発光層4に含まれる電子供与性材料および電子受容性材料のうち、電子供与性材料が、当該受発光層4に電圧を印加した際の最大発光波長エネルギーよりも小さいバンドギャップを有する受発光層材料であることが好ましい。有機材料は、種々の外部要因（酸素など）の影響によってp型半導体性を示すことが強く、すなわち電子供与性材料に適する。したがって、電子供与性材料を上記受発光層材料とした方が、電子受容性材料を上記受発光層材料とした場合に比べて高い受光感度を得やすい。

[0050] また、受発光層4は、上記以外の材料を含んでいてもよい。当該材料は、受発光層4の内部において、単一材料層を形成するものであってもよいし、混合層を形成するものであってもよい。当該材料から成る単一材料層または混合層としては、例えば、ホスト材料に発光性ドーパント材料を混合した発光層などが挙げられる。また、受発光層4の厚さは、特に限定されないが、30nm以上1000nm以下であることが好ましく、40nm以上1000nm以下であることがより好ましい。

[0051] また、受発光層4は、ドメインサイズが40nm以上の受光部および発光部のうち少なくとも一つを有することが好ましい。受発光層4が単一材料層である場合、受発光層4の平面方向の長さ（幅または奥行きなど）よりも厚

みが十分に小さければ、受発光層4の平均厚みが、当該受発光層4における単一組成部分の平均ドメインサイズである。上記の構成によって受発光層4の発光機能が高まる原因は明らかではないが、発光材料の励起子を閉じ込めて、無輻射失活を抑えることができるため、受発光層4の発光機能が高まると考えられる。

[0052] また、受発光層4の発光波長および受光波長の制御性や、受発光素子10のフレキシブル化への対応性、さらに、電荷輸送性の観点から、受発光層4の90%以上は、有機半導体であることが好ましい。

[0053] また、受発光層4は、その構成に依らず、いずれかの層に発光材料を含む。当該発光材料は、受発光層4において単一材料層を形成してもよいし、前述のようにホスト材料に発光性ドーパント材料を混合した混合層を受発光層4において形成してもよい。当該発光材料は、上述した電子供与性材料に該当するのであれば、電子受容性材料との混合層を受発光層4において形成してもよい。当該発光材料は、上述した電子受容性材料に該当するのであれば、電子供与性材料との混合層を受発光層4において形成してもよい。

[0054] 最大発光波長エネルギーよりも小さいバンドギャップの受発光層材料は、その単一膜の、受発光層4に電圧を印加した際の最大発光波長における吸光係数が 30000 cm^{-1} 以上であることが好ましい。当該吸光係数として、より好ましくは 50000 cm^{-1} 以上であり、さらに好ましくは 90000 cm^{-1} 以上である。このような受発光層材料を用いることで、受発光素子10の受光感度を一層高めることができる。受発光層材料は、発光材料であってもよいし、発光材料とは別の材料であってもよい。受発光層材料が発光材料である場合、当該発光材料は、ストークスシフトが小さい材料であることが好ましい。ストークスシフトが十分に小さい材料を受発光層材料として用いることで、発光と受光との両方の機能を受発光層4に容易に持たせることが可能である。なお、最大発光波長エネルギーは、最大発光波長における発光エネルギーであり、最大発光波長エネルギーを E_{max} とし、最大発光波長を λ_{max} とした場合、プランク定数 h と光速 c とを用いて次式で表される。

$$E_{\max} = h \times c / \lambda_{\max}$$

[0055] 以上のような受発光層4を形成する材料としては、例えば、ポリチオフェン系重合体、ポリ-p-フェニレンビニレン系重合体、ポリフルオレン系重合体、ポリピロール重合体、ポリアニリン重合体、ポリフラン重合体、ポリピリジン重合体、ポリカルバゾール重合体などの導電性高分子や、フタロシアニン誘導体（H₂Pc、CuPc、ZnPcなど）、ポルフィリン誘導体、アセン系化合物（テトラセン、ペンタセンなど）などのp型半導体特性を示す低分子有機化合物、電子受容性有機材料（NTCDA、PTCDA、PTCDI-C₈H、オキサゾール誘導体、トリアゾール誘導体、フェナントロリン誘導体、ホスフィンオキサイド誘導体、ホスフィンスルフィド誘導体、キノリン誘導体、フラレン化合物、CNT、CN-PPV、IEICO、ITIC、Y6など）のようにn型半導体特性を示す有機材料、ルブレン、キナクリドン化合物、クマリン化合物、ピロメテン化合物、ジケトピロロピロール化合物、ジケトピロロピロールハウ素錯体化合物などの発光材料などが挙げられる。受発光層4を形成する材料は、これら例示したものに限定されず、所望の発光波長、受光波長に応じて、有機半導体や発光材料から適宜選択して組み合わせればよい。

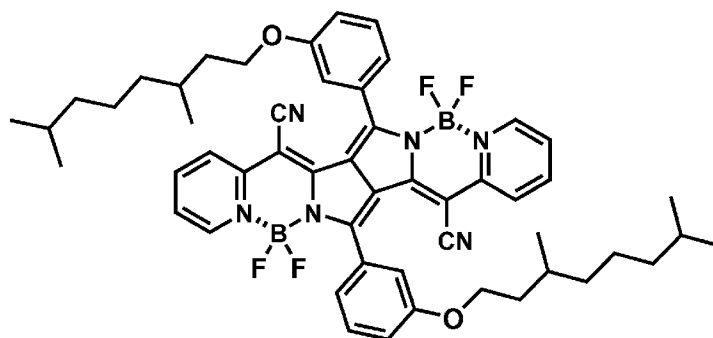
[0056] 中でも、ジケトピロロピロールハウ素錯体化合物は、ストークスシフトが小さく、受発光層4に発光と受光との両方の機能を持たせることについて有効な材料である。さらに、ジケトピロロピロールハウ素錯体化合物は、700nm以上の発光波長を有していることから、受発光層4に電圧を印可した際の最大発光波長を700nm以上とするうえで、受発光層4に含まれる好ましい材料の一つである。また、ジケトピロロピロールハウ素錯体化合物を電子供与性材料として機能させるために、ジケトピロロピロールハウ素錯体化合物とフラレン化合物とを組み合わせることも、受発光層4に含まれる材料の好ましい態様の一つである。

[0057] また、上記ジケトピロロピロールハウ素錯体化合物とフラレン化合物との組み合わせ以外では、可視光領域で発光するルブレン化合物と、可視光領

域における光吸収性の高いチオフェン化合物とを組み合わせることも、受発光層4に含まれる材料の好ましい態様の一つである。

[0058] ジケトピロロピロールホウ素錯体化合物の具体的な構造としては、例えば、非特許文献「サイエンティフィックレポート (SCIENTIFIC REPORTS)」、2016年、6巻、34096頁に記載の下記化合物が挙げられる。

[0059] [化1]



[0060] フラーレン化合物の具体例として、 C_{60} フラーレン、 C_{70} フラーレン、 C_{76} フラーレン、 C_{78} フラーレン、 C_{82} フラーレン、 C_{84} フラーレン、 C_{90} フラーレン、 C_{94} フラーレンなどの無置換のものと、[6, 6]-フェニル-C61-ブチリックアシッドメチルエステル ([6, 6]-C61-PCBM、または[60]PCBM)、[5, 6]-フェニル-C61-ブチリックアシッドメチルエステル、[6, 6]-フェニル-C61-ブチリックアシッドヘキシルエステル、[6, 6]-フェニル-C61-ブチリックアシッドドデシルエステル、フェニル-C71-ブチリックアシッドメチルエステル ([70]PCBM)などの置換誘導体などが挙げられる。なかでも、 C_{60} フラーレンがより好ましい。

[0061] ルブレン化合物としては、例えば、置換されていないルブレンや、アルキル基やハロゲン基で置換されたルブレンなどが挙げられる。

[0062] チオフェン化合物としては、例えば、無置換のオリゴチオフェン（ターチオフェン、クウォーターチオフェン、セキシチオフェン、オクチチオフェンなど）や、アルキル基やハロゲン基で置換されたオリゴチオフェン、ジシア

ノビニレン基で置換されたオリゴチオフエン、アルキル基やハロゲン基およびジシアノビニレン基で置換されたオリゴチオフエンなどが挙げられる。ジシアノビニレン基で置換する場合、ジシアノビニレン基はオリゴチオフエンの両末端に置換されていることが好ましい。このような化合物として、例えば、3', 4'-ジブチル-5, 5''-ビス(ジシアノビニル)-2, 2'-5', 2''-ターチオフエン(DCV3T)などが挙げられる。

[0063] 電子輸送層5は、本発明における受発光素子に必須の構成部ではない。しかし、電子輸送層5を設けることによって、キャリアを取り出したり或いは注入したりするのに適した界面状態を形成できるとともに、電極間の短絡を防止する効果がある。したがって、本発明において、受発光素子は、電子輸送層5が設けられていることが好ましい。例えば、図3に示す受発光素子10は、陰極6と受発光層4との間に電子輸送層5を備えている。

[0064] 例えば、電子輸送層5を形成する材料としては、上述の電子受容性有機材料(NTCDA、PTCDA、PTCDI-C₈H、オキサゾール誘導体、トリアゾール誘導体、フェナントロリン誘導体、ホスフィンオキサイド誘導体、ホスフィンスルフィド誘導体、キノリン誘導体、フラーレン化合物、CNT、CN-PPVなど)のようにn型半導体特性を示す有機材料が好ましく用いられる。また、イオン性の置換フルオレン系ポリマー(「アドバンスト マテリアルズ(Advanced Materials)」、2011年、23巻、4636-4643頁、「オーガニック エレクトロニクス(Organic Electronics)」、2009年、10巻、496-500頁)や、イオン性の置換フルオレン系ポリマーと置換チオフエン系ポリマーとの組み合わせ(「ジャーナル オブ アメリカン ケミカル ソサイエティー(Journal of American Chemical Society)」、2011年、133巻、8416-8419頁)などのイオン性化合物、ポリエチレンオキサイド(「アドバンスト マテリアルズ(Advanced Materials)」、2007年、19巻、1835-1838頁)なども、電子輸送層5の材料として用いること

ができる。

[0065] また、電子輸送層5の材料としては、イオン性基を有する化合物、例えば、アンモニウム塩、アミン塩、ピリジニウム塩、イミダゾリウム塩、ホスホニウム塩、カルボン酸塩、スルホン酸塩、リン酸塩、硫酸エステル塩、リン酸エステル塩、硫酸塩、硝酸塩、アセトナート塩、オキソ酸塩、ならびに金属錯体なども用いることができる。

[0066] 具体的には、上記イオン性基を有する化合物としては、塩化アンモニウム、酢酸アンモニウム、リン酸アンモニウム、ヘキシルトリメチルアンモニウムブロミド、テトラブチルアンモニウムブロミド、オクタデシルトリメチルアンモニウムブロミド、ヘキサデシルピリジニウムブロミド、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウムブロミド、トリブチルヘキサデシルホスホニウムブロミド、ギ酸亜鉛、酢酸亜鉛、プロピオン酸亜鉛、酪酸亜鉛、シュウ酸亜鉛、ヘプタデカフルオロノナン酸ナトリウム、ミリスチン酸ナトリウム、安息香酸ナトリウム、1-ヘキサデカンスルホン酸ナトリウム、ドデシル硫酸ナトリウム、リン酸モノドデシルナトリウム、亜鉛アセチルアセトナート、クロム酸アンモニウム、メタバナジン酸アンモニウム、モリブデン酸アンモニウム、六フッ化ジルコニウム酸アンモニウム、タングステン酸ナトリウム、テトラクロロ亜鉛酸アンモニウム、オルトチタン酸テトライソプロピル、ニッケル酸リチウム、過マンガン酸カリウム、銀フェナントロリン錯体、AgTCNQや特開2013-58714記載の電子輸送層に用いられる化合物などが挙げられる。

[0067] また、電子輸送層5の材料としては、例えば、 TiO_2 などの酸化チタン (TiO_x)、 ZnO などの酸化亜鉛 (ZnO_x)、 SiO_2 などの酸化ケイ素 (SiO_x)、 SnO_2 などの酸化錫 (SnO_x)、 WO_3 などの酸化タングステン (WO_x)、 Ta_2O_3 などの酸化タンタル (TaO_x)、 $BaTiO_3$ などのチタン酸バリウム ($BaTi_xO_y$)、 $BaZrO_3$ などのジルコン酸バリウム ($BaZr_xO_y$)、 ZrO_2 などの酸化ジルコニウム (ZrO_x)、 HfO_2 などの酸化ハフニウム (HfO_x)、 Al_2O_3 などの酸化アルミニウム (AlO_x)、 Y_2O_3 な

どの酸化イットリウム ($Y O_x$)、 $Z r S i O_4$ などのケイ酸ジルコニウム ($Z r S i_x O_y$) のような金属酸化物、 $S i_3 N_4$ などの窒化ケイ素 ($S i N_x$) のような窒化物、 $C d S$ などの硫化カドミウム ($C d S_x$)、 $Z n S e$ などのセレン化亜鉛 ($Z n S e_x$)、 $Z n S$ などの硫化亜鉛 ($Z n S_x$)、 $C d T e$ などのテルル化カドミウム ($C d T e_x$) のような半導体などの無機材料も好ましく用いられる。

[0068] 上記無機材料で電子輸送層5を形成する方法としては、例えば、上記無機材料の金属塩や金属アルコキシドなどの前駆体溶液を基板に塗布した後、加熱して層を形成する方法や、ナノ粒子分散液を基板に塗布して層を形成する方法がある。このとき、加熱温度や加熱時間、及びナノ粒子の合成条件により、完全には反応が進行しておらず、部分的に加水分解したり、部分的に縮合したりすることで、中間生成物となったり、上記前駆体と上記中間生成物との混合物となったり、上記前駆体と最終生成物などとの混合物となったりしてもよい。

[0069] 電子輸送層5と隣接する陰極6が光透過性を有する構成を受発光素子10に適用する場合、電子輸送層5は、受発光素子10（詳細には受発光層4）に電圧印加した際の発光波長に対して光透過性が高いことが好ましい。すなわち、この場合、電子輸送層5の材料が、上記発光波長に対して光吸収能を持たない材料であることがより好ましい。

[0070] （受発光素子の製造方法）

次に、本発明の実施形態に係る受発光素子の製造方法について、図3に示した受発光素子10を例に挙げて説明する。

[0071] 受発光素子10を製造する際には、まず、基板1の上に、ITOなどの透明電極をスパッタリング法などにより形成する。本実施形態において、この透明電極は、図3に示した陽極2に相当する。

[0072] 次に、上記透明電極の上にPEDOTとPSSとの混合物を塗布して乾燥し、これにより、PEDOT:PSS層を透明電極上に形成する。このPEDOT:PSS層は、図3に示した正孔輸送層3に相当する。正孔輸送層3

の形成には、スピンコート塗布、ブレードコート塗布、スリットダイコート塗布、スクリーン印刷塗布、バーコーター塗布、鋳型塗布、印刷転写法、浸漬引き上げ法、インクジェット法、スプレー法、真空蒸着法など、何れの方法を用いてもよい。正孔輸送層 3 の形成方法は、膜厚制御や配向制御など、得ようとする光電変換層特性に応じて選択すればよい。

[0073] 次に、例えば、ジケトピロロピロールホウ素錯体化合物を溶媒に溶解させて溶液を作り、この溶液を正孔輸送層 3 の上に塗布して乾燥させる。これにより、発光部の層を正孔輸送層 3 の上に形成する。このとき、ジケトピロロピロールホウ素錯体化合物は、電子供与性材料兼発光材料として機能する。また、このとき用いられる溶媒としては、有機溶媒が好ましく、例えば、メタノール、エタノール、ブタノール、トルエン、キシレン、 α -クロロフェノール、アセトン、酢酸エチル、エチレングリコール、テトラヒドロフラン、ジクロロメタン、クロロホルム、ジクロロエタン、クロロベンゼン、ジクロロベンゼン、トリクロロベンゼン、クロロナフタレン、ジメチルホルムアミド、ジメチルスルホキシド、 N -メチルピロリドン、 γ -ブチロラクトンなどが挙げられる。上記溶媒は、これらの有機溶媒を 2 種以上用いたものでもよい。上記発光部の層の形成には、正孔輸送層 3 と同様の形成方法を用いることができる。

[0074] 次に、上記発光部の層上に、電子受容性材料となるフラレン化合物（例えば C_{60} フラレン）の層すなわちフラレン層を真空蒸着法によって形成する。このフラレン層は、受光部の層に相当する。上述した発光部の層（ジケトピロロピロールホウ素錯体化合物からなる層）と受光部の層（フラレン層）との混合層、または、これらの層を積層した積層構造の層により、図 3 に示した受発光層 4 が構成される。

[0075] 次に、受発光層 4 におけるフラレン層の上に、電子取出し層を真空蒸着法やスパッタ法により形成する。この電子取出し層は、図 3 に示した電子輸送層 5 に相当する。次に、この電子取出し層の上に、 Al や Ag などの金属電極を真空蒸着法やスパッタ法により形成する。この電子取出し層を真空蒸

着法によって形成した場合は、引き続き、真空を保持したまま続けて、この金属電極を形成することが好ましい。この金属電極は、図3に示した陰極6に相当する。

[0076] (受発光素子の応用例)

本発明の受発光素子（例えば図3に示す受発光素子10）は、受発光機能などを利用した種々の電子デバイス、光センシングデバイスへの応用が可能である。例えば、指紋や静脈などの生体情報を撮像する電子デバイスや、脈波や血中酸素濃度をモニタリングする生体センシングデバイス、物体の形状変化や動作を検知する光センサー、光スイッチなどに有用である。特に図示しないが、上記電子デバイスは、上述した受発光素子を基板上に複数備えている。または、上記電子デバイスは、上述した受発光素子をTFTアレイ基板上に備えている。上記生体センシングデバイス、光センサーおよび光スイッチは、それぞれ、上述した受発光素子を基板上、基板内または筐体内に備えている。これらの電子デバイス、生体センシングデバイス、光センサーおよび光スイッチが、それぞれ、上述した受発光素子を複数備える場合、これら複数の受発光素子は、互いに同一構成の受発光素子であってもよいし、互いに異なる構成の受発光素子であってもよい。

[0077] また、本発明に係る電子デバイスが、上述した受発光素子を基板上、基板内または筐体内に複数備える場合、これら複数の受発光素子は、互いに同一構成の受発光素子であることが好ましい。この場合、これら複数の受発光素子のうち、少なくとも一つの第1受発光素子は、対象物に光を発光して照射することができ、当該第1受発光素子以外の第2受発光素子は、この対象物を透過または反射した光を受光することができる。このように同一構成の受発光素子を複数備えている電子デバイスであれば、「少なくとも一つの上記第1受発光素子から発光された光を対象物に照射し、この対象物を透過または反射した光を、上記第2受発光素子（すなわち発光させていない別の受発光素子）で受光する」という光センシングが可能である。

実施例

[0078] 以下、本発明を実施例に基づいてさらに具体的に説明する。なお、本発明は、下記の実施例に限定されるものではない。また、実施例等で用いた化合物のうち、略語を使用しているものについては、以下に示すように定義される。

I T O : インジウム錫酸化物

L i F : フッ化リチウム

E g : バンドギャップ

D P P c y : ジケトピロロピロールホウ素錯体化合物の一例となる化合物

D P P c y は、下記の化学式で表される化合物である。

T D C V - T P A : トリス [4 - (5 - ジシアノメチリデンメチル - 2 - チエニル) フェニル] アミン

T D C V - T P A は、下記の化学式で表される化合物である。

A l q 3 : トリス (8 - キノリノラト) アルミニウム

6 O P C B M : フェニル C₆₁ 酪酸メチルエステル

D C V 3 T : 3' , 4' - ジブチル - 5 , 5'' - ビス (ジシアノビニル) - 2 , 2' - 5' , 2'' - ターチオフェン

[0079]

超音波洗浄機中で30分間超音波照射することにより溶液Aを得た。また、PEDOT:PSS溶液(6.0 mL)とイソプロピルアルコール(4.0 mL)とをサンプル瓶に入れて攪拌することで、正孔輸送層形成用の溶液Bを得た。上記のPEDOT:PSS溶液としては、H. C. スタルク社製の「CLEVIOS P VP A14083」を用いた。

[0083] つぎに、陰極となるITO透明導電層(以下、ITO層と略記する)をスパッタリング法によってガラス基板上に125 nm堆積させ、このガラス基板を38 mm×46 mmのサイズに切断した後、このITO層をフォトリソグラフィ法によって38 mm×13 mmの長方形状にパターニングした。続いて、このガラス基板を、アルカリ洗浄液(フルウチ化学社製、“セミコクリーン”EL56)で10分間超音波洗浄した後、超純水で洗浄した。

[0084] 次いで、このガラス基板を30分間UV/オゾン処理した後に、上記の溶液Bを、このガラス基板のITO層上に滴下し、スピンコート法により3000 rpmで塗布し、ホットプレート上で100℃30分間、熱処理した。これにより、膜厚が約30 nmのPEDOT:PSS層(正孔輸送層)をITO層上に形成した。

[0085] 次いで、上記の溶液Aを、このPEDOT:PSS層上に滴下し、スピンコート法により塗布した。これにより、膜厚が8 nmのDPPcy層を正孔輸送層上に形成した。その後、上記DPPcy層が形成されたガラス基板と蒸着用マスクとを真空蒸着装置内に設置して、この装置内の真空度が 1×10^{-3} Pa以下になるまで排気し、抵抗加熱法によって、厚さが25 nmのC₆₀フラレンをDPPcy層上に蒸着した。これにより、DPPcy層とC₆₀フラレンの層(以下、C60層と略記する)との積層構造を有する受発光層を形成した。

[0086] 次いで、C60層まで形成したガラス基板を大気中へ取出し、蒸着用マスクを電極蒸着用マスクに交換した後、このガラス基板と電極蒸着用マスクとを真空蒸着装置内に設置して、この装置内の真空度が 1×10^{-3} Pa以下になるまで再び排気した。続いて、このガラス基板のC60層上に、抵抗加熱法

によって、厚さが0.5 nmのLiF層と、電極（陽極）となる厚さが100 nmのアルミニウム層とを蒸着した。

[0087] 実施例1では、以上のような製造方法により、ストライプ状のITO層と銀層とが交差する部分の面積が5 mm×5 mmである受発光素子を作製した。その後、この受発光素子のガラス基板を窒素雰囲気下のグローブボックスに移し、光硬化性樹脂（ナガセケムテックス社製XNR5570）を20 mm×20 mmの大きさのガラス（ガスバリア層基材）に塗布し、これを上記ガラス基板の中心に貼り付けた。次いで、紫外光（波長365 nm，強度100 mW cm⁻²）を1分間照射して、この光硬化性樹脂を硬化させた。

[0088] また、実施例1では、上記のようにして作製された受発光素子の陽極と陰極とについて、分光感度測定装置を用いて、印加電圧が0 Vのときの外部量子収率スペクトル（受光感度スペクトル）を測定した。次に、分光放射照度測定装置を用いて、受発光素子に50 mAの電流を通電したときの発光スペクトルを測定した。得られた外部量子収率スペクトルと発光スペクトルとをそれぞれ最大値で規格化し、これらの規格化した各スペクトルが重なり合う領域（重なり領域）を見積もり、規格化した発光スペクトルの全領域に対する当該重なり領域の割合を見積もった。また、上記得られた外部量子収率スペクトル（規格化前の受光感度スペクトル）と上記規格化した発光スペクトルとの重なり領域も同様に見積もった。

[0089] 次に、実施例1の受発光素子に50 mAの電流を通電したときの発光をシリコンフォトダイオードに照射し、このシリコンフォトダイオードの電流値を測定することにより、この受発光素子の発光量を測定した。

[0090] 次に、分光光度計を用いて、実施例1の受発光素子に角度5°で正反射させた光を受光させたときの当該受発光素子の反射吸収スペクトルを測定した。なお、得られた反射吸収スペクトルから、300 nm～1200 nmの波長範囲における最小値との差分をとることにより、ベースラインを補正して当該受発光素子の吸光度を見積もった。

[0091] 次に、5 g/Lの濃度に調製したDPPcyのクロロホルム溶液をガラス

基板上にスピコート法により塗布し、膜厚が50nmのDPPcy層を形成した。また、別のガラス基板上に、C₆₀フラーレンを膜厚が50nmとなるように蒸着してC60層を形成した。これらの各単一材料膜について、分光光度計を用いて、透過吸収スペクトルを得た。得られた透過吸収スペクトルから、次式を用いて、吸光係数を見積もった。

$$\text{吸光係数 (cm}^{-1}\text{)} = \text{吸光度} / 0.434 / \text{膜厚 (cm}^{-1}\text{)}$$

[0092] また、上記透過吸収スペクトルの吸収端波長から、上記各単一材料膜のバンドギャップ (E_g) を次式より見積もった。

$$E_g \text{ (eV)} = 1240 / \text{吸収端波長 (nm)}$$

[0093] さらに、上記各単一材料膜について、大気中光電子分光法 (理研 AC-2) を用いて、HOMOの測定を行い、次式を用いて、LUMOを見積もった。

$$LUMO \text{ (eV)} = HOMO \text{ (eV)} - E_g \text{ (eV)}$$

[0094] 次に、実施例1では、上記のように作製した2枚の受発光素子を、暗室内にて5mmの距離をとるように離して、これらの受発光素子におけるITO層側のガラス基板面同士を対向させた。その後、片方の受発光素子には50mAの電流を通电して発光させ、もう片方の受発光素子にはケースレー社製2400シリーズソースメータを接続して、印加電圧を-1Vから+1Vまで変化させたときの電流値を測定した。また、発光させずに暗時においても印加電圧を-1Vから+1Vまで変化させたときの電流値を測定した。0Vにおける発光時の電流値から暗時の電流値を差し引くことにより、同一構成の受発光素子からの発光への受光感度を測定し、受発光素子自身からの発光に対する受光感度の指標とした。また、発光時に測定した電流-電圧特性から、同一構成の受発光素子からの発光に対する開放電圧 (電流が0となる電圧) を読み取った。

[0095] (実施例2)

実施例2では、クロロホルム (0.2mL) を、DPPcy (0.4mg) の入ったサンプル瓶の中に加え、さらに、超音波洗浄機中で30分間超音

波照射することにより溶液Cを得た。また、実施例2では、上述した実施例1における溶液Aを溶液Cに替えて、DPPcy層の膜厚を15nmとしたこと以外、実施例1と全く同様にして、受発光素子の作製および測定を行った。

[0096] (実施例3)

実施例3では、クロロホルム(0.2mL)を、DPPcy(1.0mg)の入ったサンプル瓶の中に加え、さらに、超音波洗浄機中で30分間超音波照射することにより溶液Dを得た。また、実施例3では、上述した実施例1における溶液Aを溶液Dに替えて、DPPcy層の膜厚を40nmとしたこと以外、実施例1と全く同様にして、受発光素子の作製および測定を行った。

[0097] (実施例4)

実施例4では、クロロホルム(0.2mL)を、DPPcy(2.0mg)の入ったサンプル瓶の中に加え、さらに、超音波洗浄機中で30分間超音波照射することにより溶液Eを得た。また、実施例4では、上述した実施例1における溶液Aを溶液Eに替えて、DPPcy層の膜厚を70nmとしたこと以外、実施例1と全く同様にして、受発光素子の作製および測定を行った。

[0098] (実施例5)

実施例5では、C60層の膜厚を40nmとしたこと以外、実施例1と全く同様にして、受発光素子の作製および測定を行った。

[0099] (実施例6)

実施例6では、C60層の膜厚を40nmとしたこと以外、実施例2と全く同様にして、受発光素子の作製および測定を行った。

[0100] (実施例7)

実施例7では、C60層の膜厚を40nmとしたこと以外、実施例3と全く同様にして、受発光素子の作製および測定を行った。

[0101] (実施例8)

実施例 8 では、C 6 0 層の膜厚を 4 0 n m としたこと以外、実施例 4 と全く同様に、受発光素子の作製および測定を行った。

[0102] (実施例 9)

実施例 9 では、C 6 0 層の膜厚を 7 5 n m としたこと以外、実施例 2 と全く同様に、受発光素子の作製および測定を行った。

[0103] (実施例 1 0)

実施例 1 0 では、C 6 0 層の膜厚を 7 5 n m としたこと以外、実施例 3 と全く同様に、受発光素子の作製および測定を行った。

[0104] (実施例 1 1)

実施例 1 1 では、C 6 0 層の膜厚を 7 5 n m としたこと以外、実施例 4 と全く同様に、受発光素子の作製および測定を行った。

[0105] (実施例 1 2)

実施例 1 2 では、クロロホルム (0. 2 m L) を、1. 0 m g のルブレンが入ったサンプル瓶の中に加え、さらに、超音波洗浄機中で 3 0 分間超音波照射することにより溶液 I を得た。また、実施例 1 2 では、上述した実施例 1 における溶液 A を溶液 I に替えて、D P P c y 層を、膜厚 4 0 n m のルブレン層とし、C 6 0 層の代わりに、D C V 3 T の層を真空蒸着法によって 2 5 n m の膜厚で形成したこと以外、実施例 1 と全く同様に、受発光素子の作製および測定を行った。

[0106] (比較例 1)

比較例 1 では、クロロホルム (0. 2 m L) を、1. 0 m g のルブレン (東京化成工業社製) が入ったサンプル瓶の中に加え、さらに、超音波洗浄機中で 3 0 分間超音波照射することにより溶液 F を得た。また、比較例 1 では、上述した実施例 1 における溶液 A を溶液 F に替えて、膜厚が 4 0 n m のルブレン層を形成したこと以外、実施例 1 と全く同様に、受発光素子の作製および測定を行った。

[0107] (比較例 2)

比較例 2 では、クロロホルム (0. 2 m L) を、1. 0 m g の T D C V -

T P A（アルドリッチ社製）が入ったサンプル瓶の中に加え、さらに、超音波洗浄機中で30分間超音波照射することにより溶液Gを得た。また、比較例2では、上述した実施例1における溶液Aを溶液Gに替えて、膜厚が40nmのTDCV-TPA層を形成したこと以外、実施例1と全く同様にして、受発光素子の作製および測定を行った。

[0108]（比較例3）

比較例3では、ITO基板上に、厚さが40nmのAlq3層を蒸着し、次いで、このAlq3層上に、厚さが40nmのキナクリドン層を蒸着し、その後、このキナクリドン層上に、電極となるアルミニウム層を厚さが100nmとなるように蒸着した。このようにして、比較例3の受発光素子を作製した。また、比較例3では、受発光素子を発光させる際の電流条件を50mAから3mAに替えたこと以外、実施例1と同様にして、受発光素子の測定を行った。なお、比較例3の発光条件を変更したのは、3mAより大きい電流を通電することで受発光素子が劣化して発光しなくなるためである。

[0109]（比較例4）

比較例4では、クロロホルム（0.2mL）を、1.0mgのDPPcyと1.0mgの60PCBMとが入ったサンプル瓶の中に加え、さらに、超音波洗浄機中で30分間超音波照射することにより溶液Hを得た。また、比較例4では、上述した実施例1における溶液Aを溶液Hに替えて、DPPcyと60PCBMとの均一混合層（膜厚100nm）を形成し、C₆₀フラーレンを蒸着しなかったこと以外、実施例1と全く同様にして、受発光素子の作製および測定を行った。

[0110]（比較例5）

比較例5では、酢酸エチル（0.2mL）を、1.0mgのDPPcyが入ったサンプル瓶の中に加え、さらに、超音波洗浄機中で30分間超音波照射することにより溶液Jを得た。また、比較例5では、実施例1におけるDPPcy層の代わりに、膜厚40nmのC60層を真空蒸着法で形成し、実施例1におけるC60層の代わりに、溶液Jをスピコート法で塗布して膜

厚40nmのDPPc_y層を形成した。比較例5では、これらC60層およびDPPc_y層の形成以外、実施例1と全く同様にして、受発光素子の作製および測定を行った。比較例5では、発光測定の結果、発光はなく、最大発光波長および発光スペクトルが特定できないため、光吸収特性および受発光特性を評価することができなかった。

[0111] 上述した実施例1～12および比較例1～5の各材料および測定結果は、以下の表1-1～1-3にまとめた。表1-1、1-2において、「受発光層材料」欄および「光吸収特性」欄の「C60」は、C₆₀フラーレンを意味する。表1-2において、「発光特性」欄の「E_m」は、最大発光波長エネルギーを意味し、「電流値」は、シリコンフォトダイオードの電流値を意味する。「光吸収特性」欄の「吸光度」は、最大発光波長における受発光素子の吸光度を意味する。「特定材料」は、最大発光波長エネルギーよりも小さいE_gの受発光層材料を意味する。「吸光係数」は、最大発光波長エネルギーよりも小さいE_gの受発光層材料の、最大発光波長における単一膜吸光係数を意味する。表1-3において、「受光特性」欄の「受光感度」は、最大発光波長における受発光素子の受光感度（外部量子収率）を意味する。「受発光特性」欄の「重なり領域の割合（1）」は、規格化した受光感度スペクトルと規格化した発光スペクトルとの重なる領域の、当該規格化した発光スペクトルの全領域に対する割合を意味する。「重なり領域の割合（2）」は、規格化前の受光感度スペクトルと規格化した発光スペクトルとの重なる領域の、当該規格化した発光スペクトルの全領域に対する割合を意味する。「受発光特性」欄の「受光感度」は、同一構成の受発光素子からの発光に対する受光感度を意味する。「開放電圧」は、同一構成の受発光素子からの発光に対する開放電圧を意味する。

[0112]

[表1-1]

(表1-1)	受発光層材料		受発光層材料のエネルギー準位						受発光層膜厚	
	第1材料	第2材料	第1材料			第2材料			第1材料層の膜厚 (nm)	第2材料層の膜厚 (nm)
			HOMO (eV)	LUMO (eV)	Eg (eV)	HOMO (eV)	LUMO (eV)	Eg (eV)		
実施例1	DPPcy	C60	-5.5	-3.9	1.60	-6.2	-4.5	1.75	8	25
実施例2	DPPcy	C60	-5.5	-3.9	1.60	-6.2	-4.5	1.75	15	25
実施例3	DPPcy	C60	-5.5	-3.9	1.60	-6.2	-4.5	1.75	40	25
実施例4	DPPcy	C60	-5.5	-3.9	1.60	-6.2	-4.5	1.75	70	25
実施例5	DPPcy	C60	-5.5	-3.9	1.60	-6.2	-4.5	1.75	8	40
実施例6	DPPcy	C60	-5.5	-3.9	1.60	-6.2	-4.5	1.75	15	40
実施例7	DPPcy	C60	-5.5	-3.9	1.60	-6.2	-4.5	1.75	40	40
実施例8	DPPcy	C60	-5.5	-3.9	1.60	-6.2	-4.5	1.75	70	40
実施例9	DPPcy	C60	-5.5	-3.9	1.60	-6.2	-4.5	1.75	15	75
実施例10	DPPcy	C60	-5.5	-3.9	1.60	-6.2	-4.5	1.75	40	75
実施例11	DPPcy	C60	-5.5	-3.9	1.60	-6.2	-4.5	1.75	70	75
実施例12	ルブレシ	DCV3T	-5.4	-3.2	2.20	-5.5	-3.7	1.77	40	25
比較例1	ルブレシ	C60	-5.4	-3.2	2.20	-6.2	-4.5	1.75	40	25
比較例2	TDCV-TPA	C60	-5.8	-3.9	1.93	-6.2	-4.5	1.75	40	25
比較例3	Alq3	キナクリドン	-5.7	-3.0	2.67	-5.5	-3.5	1.98	40	40
比較例4	DPPcy	60PCBM	-5.5	-3.9	1.60	-6.2	-4.1	2.10	100 (混合層)	
比較例5	C60	DPPcy	-6.2	-4.5	1.75	-5.5	-3.9	1.60	40	40

[0113]

[表1-2]

(表1-2)	発光特性				光吸収特性		
	最大発光波長 (nm)	発光半値幅 (nm)	Em (eV)	電流値 (μ A)	吸光度	特定材料	吸光係数 (cm^{-1})
実施例1	757	40	1.64	0.36	0.104	DPPcy	147594
実施例2	758	37	1.64	0.27	0.171	DPPcy	140053
実施例3	761	34	1.63	1.20	0.414	DPPcy	117891
実施例4	765	38	1.62	1.30	0.223	DPPcy	92332
実施例5	759	39	1.63	1.15	0.126	DPPcy	132339
実施例6	760	36	1.63	1.20	0.206	DPPcy	124971
実施例7	763	40	1.63	2.10	0.284	DPPcy	104766
実施例8	764	42	1.62	1.97	0.191	DPPcy	98319
実施例9	760	41	1.63	1.85	0.113	DPPcy	124971
実施例10	763	44	1.63	2.35	0.143	DPPcy	104766
実施例11	762	42	1.63	1.85	0.130	DPPcy	111213
実施例12	612	119	2.03	3.60	0.164	DCV3T	138594
比較例1	564	67	2.20	1.00	0.025	C60	27967
比較例2	704	150	1.76	0.16	0.020	該当材料なし	—
比較例3	512	85	2.42	0.001	0.204	キナクリドン	74700
比較例4	772	35	1.61	0.20	0.066	DPPcy	61306
比較例5	発光無し	—	—	0.00	—	—	—

[0114]

[表1-3]

(表1-3)	受光特性	受発光特性			
		重なり領域の割合(1)	重なり領域の割合(2)	受光感度 (μAcm^{-2})	開放電圧 (V)
実施例1	7.0%	54.8%	15.8%	57	0.33
実施例2	11.3%	65.8%	22.9%	102	0.29
実施例3	14.6%	77.7%	24.1%	156	0.50
実施例4	7.6%	78.8%	12.5%	139	0.40
実施例5	14.5%	65.4%	27.0%	172	0.50
実施例6	19.7%	68.8%	32.4%	434	0.54
実施例7	18.5%	73.6%	28.3%	610	0.59
実施例8	9.6%	78.6%	15.9%	269	0.59
実施例9	20.0%	63.1%	33.4%	808	0.65
実施例10	14.4%	62.2%	26.7%	584	0.63
実施例11	10.0%	63.7%	18.6%	235	0.60
実施例12	5.4%	51.2%	8.7%	1084	0.90
比較例1	3.1%	17.0%	3.9%	61	0.01
比較例2	0.0%	7.1%	4.6%	14	0.01
比較例3	0.0%	5.8%	0.0%	1	0.00
比較例4	1.2%	94.3%	3.8%	8	0.01
比較例5	—	—	—	—	—

[0115] (実施例13)

実施例13では、実施例7と同様の受発光素子の作製方法により、同一ガラス基板上に、5mm×5mmサイズのそれぞれ独立した2個の受発光素子を、互いの離間距離が3mmとなるように形成し、これら2個の受発光素子を上記ガラス基板上に備える生体センシングデバイスを作製した。また、実施例13では、この作製した生体センシングデバイスを用いて、人体の脈波

を計測した。詳細には、まず、この生体センシングデバイスのガラス基板面上に、被験者の中指を接触させた。次いで、これら独立した2個の受発光素子のうち、一方の受発光素子に50mAの電流を通電して発光させ、他方の受発光素子にはケースレー社製2400シリーズソースメータを接続して、印加電圧を0Vとした時の電流値（受光電流）を0.1秒毎に測定し、脈波計測を行った。実施例13では、例えば図4に示すように、測定時間毎の受光電流によって表される脈波の計測結果が得られた。

[0116]（実施例14）

実施例14では、実施例12と同様の受発光素子の作製方法により、同一ガラス基板面上に、5mm×5mmサイズのそれぞれ独立した2個の受発光素子を、互いの離間距離が3mmとなるように形成し、これら2個の受発光素子を上記ガラス基板面上に備える生体センシングデバイスを作製した。また、実施例14では、この作製した生体センシングデバイスを用いて、人体の脈波を計測した。詳細には、まず、この生体センシングデバイスのガラス基板面上に、被験者の中指を接触させた。次いで、これら独立した2個の受発光素子のうち、一方の受発光素子に50mAの電流を通電して発光させ、他方の受発光素子にはケースレー社製2400シリーズソースメータを接続して、印加電圧を0Vとした時の電流値（受光電流）を0.1秒毎に測定し、脈波計測を行った。実施例14では、例えば図5に示すように、測定時間毎の受光電流によって表される脈波の計測結果が得られた。

[0117]（比較例6）

比較例6では、比較例1と同様の受発光素子の作製方法により、同一ガラス基板面上に、5mm×5mmサイズのそれぞれ独立した2個の受発光素子を、互いに離間距離が3mmとなるように形成し、これら2個の受発光素子を上記ガラス基板面上に備える生体センシングデバイスを作製した。また、比較例6では、この作製した生体センシングデバイスを用いて、人体の脈波を計測した。詳細には、まず、この作製した生体センシングデバイスのガラス基板面上に、被験者の中指を接触させた。次いで、これら独立した2個の受発

光素子のうち、一方の受発光素子に 50 mA の電流を通電して発光させ、他方の受発光素子にはケースレー社製 2400 シリーズソースメータを接続して、印加電圧を 0 V とした時の電流値（受光電流）を 0.1 秒毎に測定し、脈波計測を行った。比較例 6 では、例えば図 6 に示すように、脈波の明確な計測結果を得ることができなかった。

産業上の利用可能性

[0118] 以上のように、本発明に係る受発光素子、これを用いた電子デバイスおよび生体センシングデバイスは、同一構成の受発光素子からの発光に対する受光感度が良好な受発光素子、これを用いた電子デバイスおよび生体センシングデバイスに適している。

符号の説明

- [0119]
- 1 基板
 - 2 陽極
 - 3 正孔輸送層
 - 4 受発光層
 - 5 電子輸送層
 - 6 陰極
 - 10 受発光素子
 - 101 規格化した受光感度スペクトル
 - 101A 受光感度スペクトル
 - 102 規格化した発光スペクトル
 - 103、103A 重なり領域

請求の範囲

[請求項1]

陽極と、

陰極と、

前記陽極および前記陰極の間に位置し、2種以上の有機材料から成る受発光層と、

を備え、

前記受発光層は、下記の式(1)および式(2)によって表されるエネルギー準位の関係性を満たす電子供与性材料および電子受容性材料を含み、

前記電子供与性材料および前記電子受容性材料のうち少なくとも一方は、前記受発光層に電圧を印加した際の最大発光波長エネルギーよりも小さいバンドギャップを有する受発光層材料であり、

前記電子供与性材料は、前記受発光層内において前記陽極側に偏在し、

規格化した受光感度スペクトルと規格化した発光スペクトルとの重なる領域は、前記規格化した発光スペクトルの領域の50%以上を占める、

ことを特徴とする受発光素子。

電子供与性材料のHOMO>電子受容性材料のHOMO・・・(1)

電子供与性材料のLUMO>電子受容性材料のLUMO・・・(2)

[請求項2]

規格化前の受光感度スペクトルと前記規格化した発光スペクトルとの重なる領域は、前記規格化した発光スペクトルの領域の5%以上を占める、

ことを特徴とする請求項1に記載の受発光素子。

[請求項3]

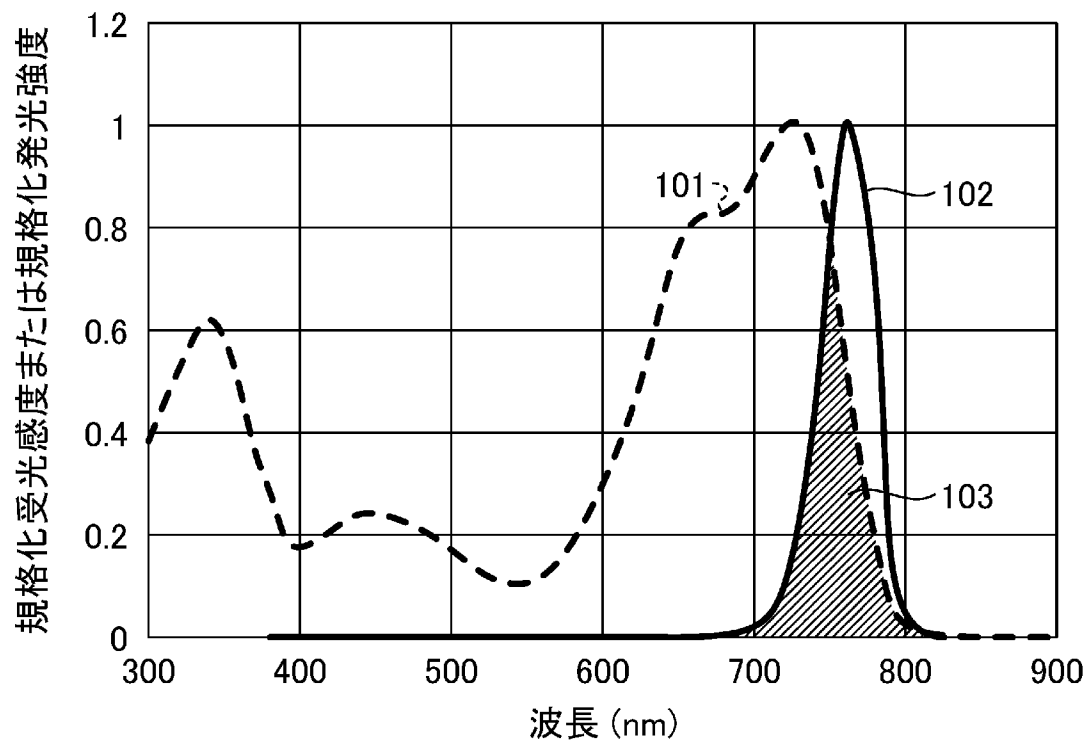
前記電子供与性材料が、前記受発光層に電圧を印加した際の最大発光波長エネルギーよりも小さいバンドギャップを有する前記受発光層材料である、

ことを特徴とする請求項1または2に記載の受発光素子。

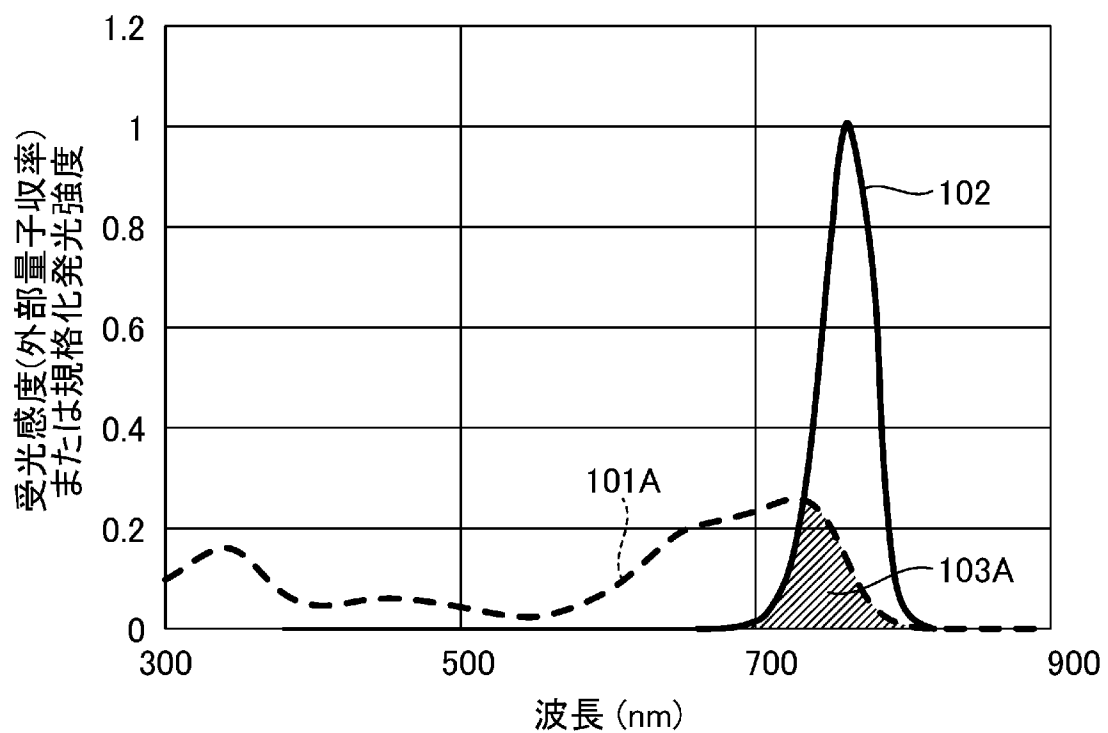
- [請求項4] 前記受発光層に電圧を印加した際の最大発光波長における吸光度が0.1以上である、
ことを特徴とする請求項1～3のいずれか一つに記載の受発光素子。
- [請求項5] 前記受発光層に電圧を印加した際の最大発光波長における、前記受発光層材料の単一膜の吸光係数が 30000 cm^{-1} 以上である、
ことを特徴とする請求項1～4のいずれか一つに記載の受発光素子。
- [請求項6] 前記受発光層は、ドメインサイズが 40 nm 以上の受光部および発光部のうち少なくとも一つを有する、
ことを特徴とする請求項1～5のいずれか一つに記載の受発光素子。
- [請求項7] 前記受発光層に電圧を印加した際の最大発光波長が 700 nm 以上である、
ことを特徴とする請求項1～6のいずれか一つに記載の受発光素子。
- [請求項8] 前記受発光層は、ジケトピロロピロールハウ素錯体化合物およびフラレン化合物を含む、
ことを特徴とする請求項1～7のいずれか一つに記載の受発光素子。
- [請求項9] 前記受発光層は、ルブレン化合物およびチオフェン化合物を含む、
ことを特徴とする請求項1～7のいずれか一つに記載の受発光素子。
- [請求項10] 請求項1～9のいずれか一つに記載の受発光素子を基板上に複数備える、
ことを特徴とする電子デバイス。
- [請求項11] 複数の前記受発光素子は、互いに同一構成の受発光素子である、
ことを特徴とする請求項10に記載の電子デバイス。

- [請求項12] 請求項1～9のいずれか一つに記載の受発光素子を複数備え、
複数の前記受発光素子は、互いに同一構成の受発光素子であり、
複数の前記受発光素子のうち、少なくとも一つの第1受発光素子は、
対象物に光を発光して照射し、前記第1受発光素子以外の第2受発
光素子は、前記対象物を透過または反射した光を受光する、
ことを特徴とする電子デバイス。
- [請求項13] 請求項1～9のいずれか一つに記載の受発光素子をTFTアレイ基
板上に備える、
ことを特徴とする電子デバイス。
- [請求項14] 請求項1～9のいずれか一つに記載の受発光素子を備える、
ことを特徴とする生体センシングデバイス。

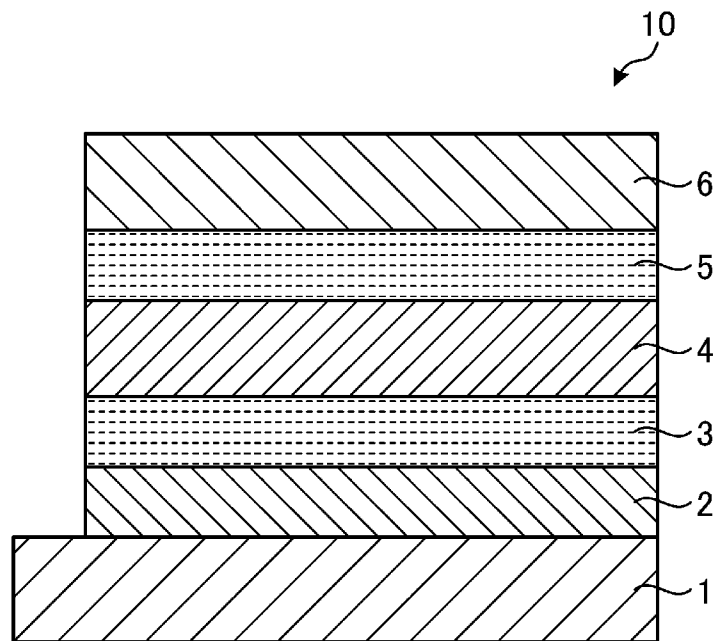
[図1]



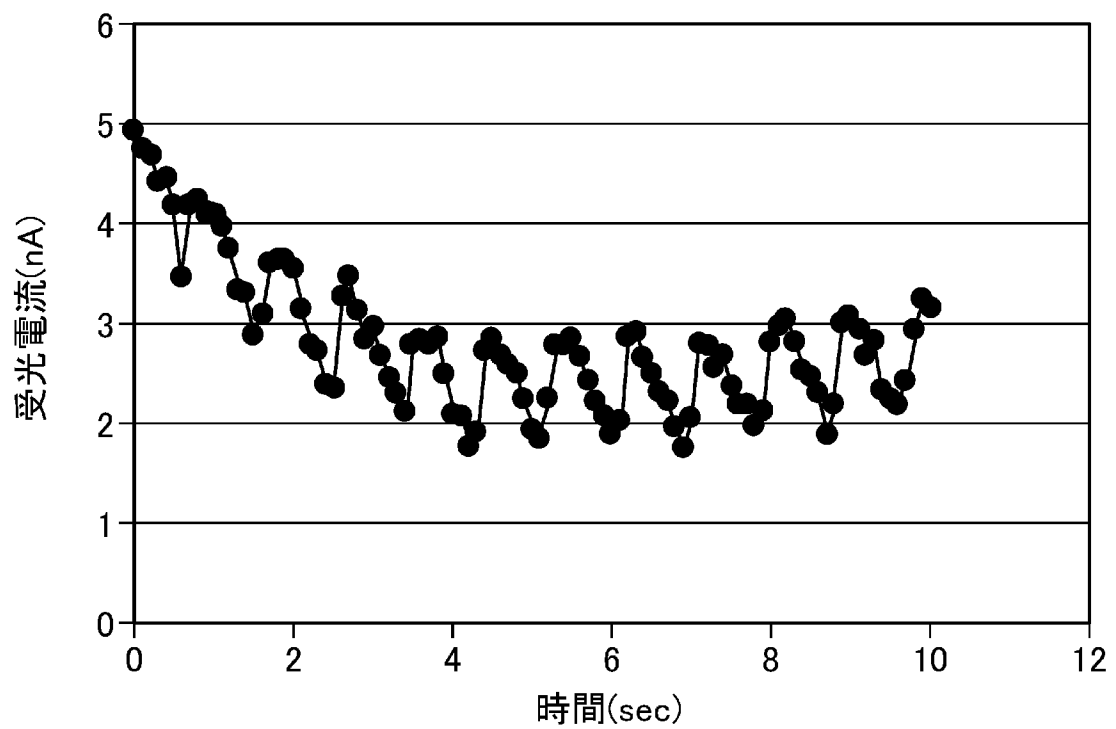
[図2]



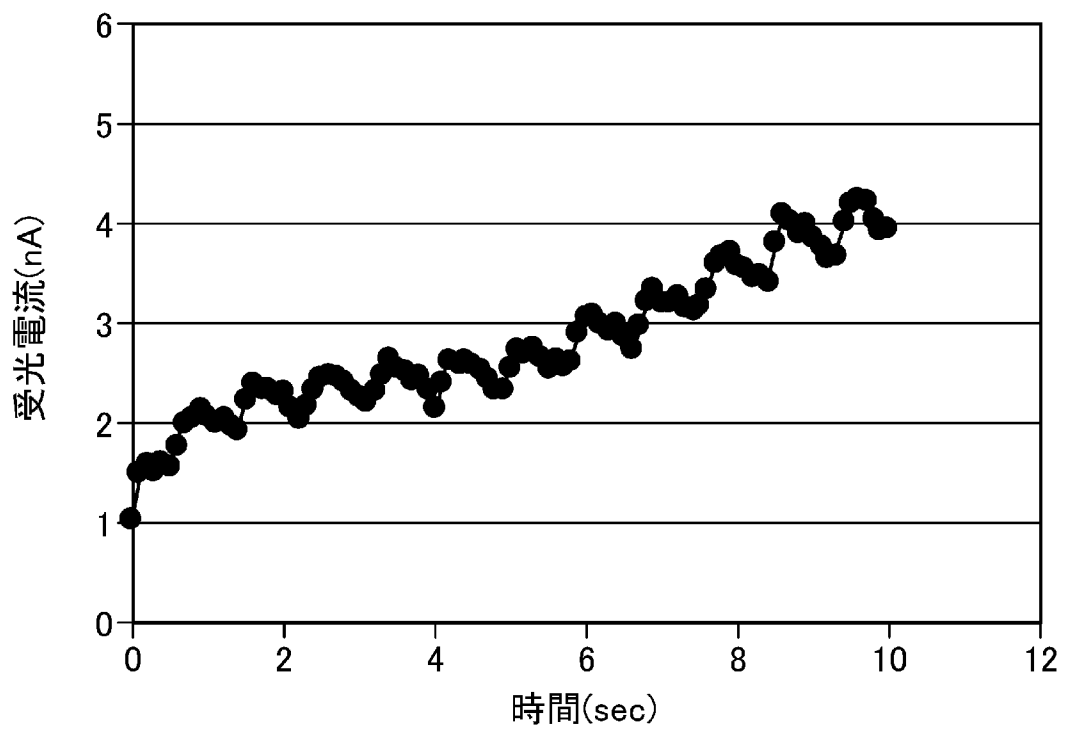
[図3]



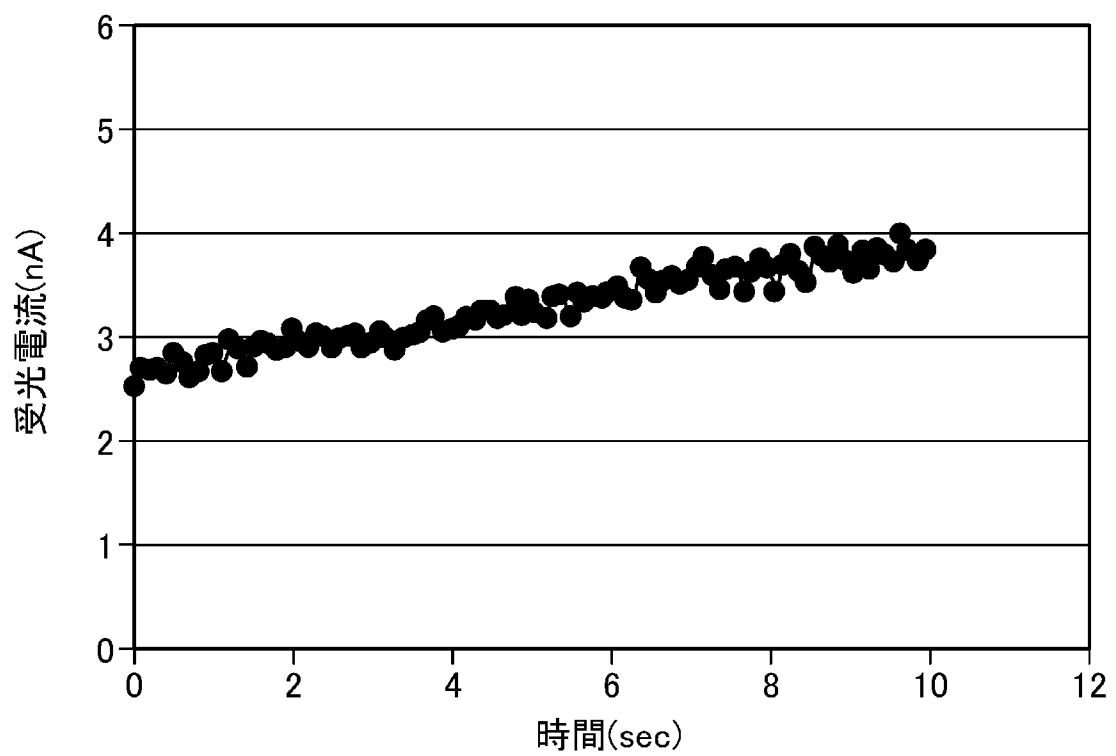
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/026353

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01L 51/42**(2006.01)i; **H01L 51/50**(2006.01)i

FI: H01L31/08 T; H05B33/14 B

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)

H01L51/00-51/56

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.
A	WO 2006/103863 A1 (JAPAN SCIENCE & TECHNOLOGY AGENCY) 05 October 2006 (2006-10-05) entire text, all drawings	1-14
A	JP 2009-231577 A (NISSAN MOTOR) 08 October 2009 (2009-10-08) entire text, all drawings	1-14
A	JP 2001-203078 A (TDK CORP.) 27 July 2001 (2001-07-27) entire text, all drawings	1-14
A	JP 9-22778 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 21 January 1997 (1997-01-21) entire text, all drawings	1-14
A	US 2003/0080324 A1 (NORTHWESTERN UNIVERSITY) 01 May 2003 (2003-05-01) entire text, all drawings	1-14
A	WO 2019/151121 A1 (TORAY INDUSTRIES, INC.) 08 August 2019 (2019-08-08) entire text, all drawings	1-14



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

15 September 2021

Date of mailing of the international search report

28 September 2021

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/026353

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2006/103863	A1	05 October 2006	US 2009/0050878 A1	
JP	2009-231577	A	08 October 2009	(Family: none)	
JP	2001-203078	A	27 July 2001	(Family: none)	
JP	9-22778	A	21 January 1997	(Family: none)	
US	2003/0080324	A1	01 May 2003	WO 2002/009201 A1	
WO	2019/151121	A1	08 August 2019	TW 201936616 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 51/42(2006.01)i; H01L 51/50(2006.01)i FI: H01L31/08 T; H05B33/14 B														
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）） H01L51/00-51/56 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2021年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年													
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												
A	WO 2006/103863 A1（独立行政法人科学技術振興機構）05.10.2006（2006 - 10 - 05） 全文，全図	1-14												
A	JP 2009-231577 A（日産自動車株式会社）08.10.2009（2009 - 10 - 08） 全文，全図	1-14												
A	JP 2001-203078 A（ティーディーケイ株式会社）27.07.2001（2001 - 07 - 27） 全文，全図	1-14												
A	JP 9-22778 A（松下電器産業株式会社）21.01.1997（1997 - 01 - 21） 全文，全図	1-14												
A	US 2003/0080324 A1（NORTHWESTERN UNIVERSITY）01.05.2003（2003 - 05 - 01） 全文，全図	1-14												
A	WO 2019/151121 A1（東レ株式会社）08.08.2019（2019 - 08 - 08） 全文，全図	1-14												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 15.09.2021	国際調査報告の発送日 28.09.2021													
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） 吉岡 一也 2K 4742 電話番号 03-3581-1101 内線 3255													

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/JP2021/026353

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2006/103863	A1	05.10.2006	US	2009/0050878	A1	
JP	2009-231577	A	08.10.2009	(ファミリーなし)			
JP	2001-203078	A	27.07.2001	(ファミリーなし)			
JP	9-22778	A	21.01.1997	(ファミリーなし)			
US	2003/0080324	A1	01.05.2003	WO	2002/009201	A1	
WO	2019/151121	A1	08.08.2019	TW	201936616	A	