

(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9月15日(15.09.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/189884 A1

- (51) 国際特許分類:
H05B 33/12 (2006.01) H01L 51/50 (2006.01)
G09F 9/30 (2006.01) H05B 33/02 (2006.01)
H01L 27/32 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/IB2022/051720
- (22) 国際出願日: 2022年2月28日(28.02.2022)
- (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 2021-039823 2021年3月12日(12.03.2021) 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: 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).

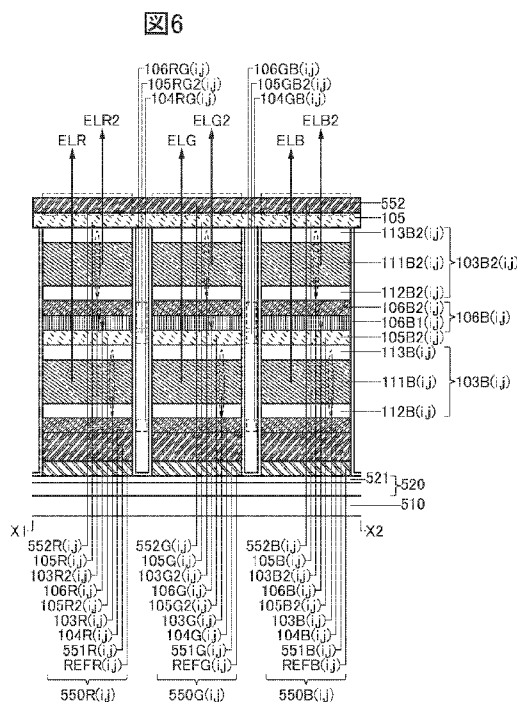
佐々木俊毅 (SASAKI, Toshiki); 〒2430036 神奈川県厚木市長谷398株式会社半導体エネルギー研究所内 Kanagawa (JP).

(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, JM, 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.

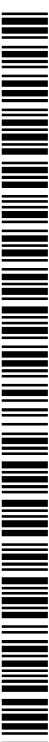
(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM,

(54) Title: DISPLAY APPARATUS AND ELECTRONIC EQUIPMENT

(54) 発明の名称: 表示装置、電子機器



(57) Abstract: Provided is a novel display apparatus that has excellent convenience, usefulness, or reliability. The present invention is a display apparatus that includes a first light-emitting device and a second light-emitting device, the second light-emitting device being adjacent to the first light-emitting device. The first light-emitting device comprises a first unit that emits light, a second unit that emits light, a first intermediate layer, and a first layer. The first intermediate layer is sandwiched between the second unit and the first unit; the first layer is sandwiched between the first intermediate layer and the first unit; and unpaired electrons can be observed in the first layer with a spin density of 1×10^{16} to 1×10^{18} spins/cm³ or less. The second light-emitting device comprises a third unit that emits light, a fourth unit that emits light, a second intermediate layer, and a second layer. The second intermediate layer is sandwiched between the fourth unit and the third unit; the second layer is sandwiched between the second intermediate layer and the third unit; there is a gap between the second intermediate layer and the first intermediate layer; and there is a gap between the second layer and the first layer.



WO 2022/189884 A1

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：利便性、有用性または信頼性に優れた新規な表示装置を提供する。第1の発光デバイスと、第2の発光デバイスと、を有し、第2の発光デバイスが第1の発光デバイスと隣接する表示装置である。第1の発光デバイスは、光を射出する第1のユニット、光を射出する第2のユニット、第1の中間層および第1の層を備え、第1の中間層は第2のユニットおよび第1のユニットの間に挟まれ、第1の層は第1の中間層および第1のユニットの間に挟まれ、第1の層は、 1×10^{16} 以上 1×10^{18} spins/cm³以下のスピン密度で不対電子を観測することができる。第2の発光デバイスは、光を射出する第3のユニット、光を射出する第4のユニット、第2の中間層および第2の層を備え、第2の中間層は第4のユニットおよび第3のユニットの間に挟まれ、第2の層は第2の中間層および第3のユニットの間に挟まれ、第2の中間層は第1の中間層との間に間隙を備え、第2の層は第1の層との間に間隙を備える。

明細書

発明の名称

表示装置、電子機器

技術分野

[0001]

本発明の一態様は、表示装置、電子機器または半導体装置に関する。

[0002]

なお、本発明の一態様は、上記の技術分野に限定されない。本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（コンビジション・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、発光装置、蓄電装置、記憶装置、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ができる。

背景技術

[0003]

ファインメタルマスクを使用することなく、発光層を形成可能とする有機ELディスプレイの製造方法が知られている。その一例としては、絶縁基板の上方に形成された第1及び第2画素電極を含んだ電極アレイの上方にホスト材料とドーパント材料との混合物を含んだ第1ルミネッセンス性有機材料を堆積させて、電極アレイを含む表示領域に亘って広がった連続膜として第1の発光層を形成する工程と、第1の発光層のうち第1画素電極の上方に位置した部分に紫外光を照射することなしに、第1の発光層のうち第2画素電極の上方に位置した部分に紫外光を照射する工程と、第1の発光層上にホスト材料とドーパント材料との混合物を含み且つ第1ルミネッセンス性有機材料とは異なる第2ルミネッセンス性有機材料を堆積させて、第2の発光層を表示領域に亘って広がった連続膜として形成する工程と、第2の発光層の上方に対向電極を形成する工程とを含む、有機ELディスプレイの製造方法がある（特許文献1）。

[先行技術文献]

[特許文献]

[0004]

[特許文献1] 特開2012-160473号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005]

本発明の一態様は、利便性、有用性または信頼性に優れた新規な表示装置を提供することを課題の一とする。または、利便性、有用性または信頼性に優れた新規な電子機器を提供することを課題の一とする。または、新規な表示装置、新規な電子機器または新規な半導体装置を提供することを課題の一とする。

[0006]

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、これらの課題の全てを解決する必要はないものとする。なお、これら以外の課題は、明細書、図面、請求項などの記載から、自ずと明らかとなるものであり、明細書、図面、請求項などの記載から、

これら以外の課題を抽出することが可能である。

課題を解決するための手段

[0007]

(1) 本発明の一態様は、第1の発光デバイスと、第2の発光デバイスと、を有する表示装置である。なお、第2の発光デバイスは第1の発光デバイスと隣接する。

[0008]

第1の発光デバイスは、第1の電極、第2の電極、第1のユニット、第2のユニット、第1の中間層および第1の層を備える。第1のユニットは、第2の電極および第1の電極の間に挟まれ、第2のユニットは第2の電極および第1のユニットの間に挟まれ、第1の中間層は第2のユニットおよび第1のユニットの間に挟まれ、第1の層は第1の中間層および第1のユニットの間に挟まれる。

[0009]

また、第1のユニットは第1の光を射出する機能を備え、第2のユニットは第2の光を射出する機能を備える。

[0010]

第1の中間層は第2のユニットに正孔を供給する機能を備え、第1の中間層は第1の層に電子を供給する機能を備える。

[0011]

第1の層は不対電子を含み、当該不対電子は電子スピン共鳴装置 (ESR) を用いて、 1×10^{16} spins/cm³以上 1×10^{18} spins/cm³以下のスピン密度で観測することができる。また、第1の層は第1の無機化合物および第1の有機化合物を含み、第1の有機化合物は非共有電子対を備え、第1の有機化合物は第1の無機化合物と相互に作用し、半占有軌道を形成する。

[0012]

第2の発光デバイスは、第3の電極、第4の電極、第3のユニット、第4のユニット、第2の中間層および第2の層を備える。第3のユニットは、第4の電極および第3の電極の間に挟まれ、第4のユニットは第4の電極および第3のユニットの間に挟まれ、第2の中間層は第4のユニットおよび第3のユニットの間に挟まれ、第2の層は、第2の中間層および第3のユニットの間に挟まれる。

[0013]

第3のユニットは第3の光を射出する機能を備え、第4のユニットは第4の光を射出する機能を備える。

[0014]

第2の中間層は第4のユニットに正孔を供給する機能を備え、第2の中間層は第2の層に電子を供給する機能を備える。

[0015]

第2の中間層は第1の中間層との間に第1の間隙を備え、第2の層は第1の層との間に第2の間隙を備える。また、第2の層は第1の無機化合物および第1の有機化合物を含む。

[0016]

(2) また、本発明の一態様は、上記の第1の発光デバイスが第3の層を備え、当該第3の層は第1のユニットおよび第1の電極の間に挟まれる、表示装置である。

[0017]

また、第2の発光デバイスは第4の層を備え、当該第4の層は第3のユニットおよび第3の電極の

間に挟まれる。また、第4の層は第3の層との間に第3の間隙を備える。

[0018]

(3) また、本発明の一態様は、上記の第3の層が、 1×10^2 [$\Omega \cdot \text{cm}$] 以上 1×10^8 [$\Omega \cdot \text{cm}$] 以下の電気抵抗率を備える、表示装置である。

[0019]

これにより、第1の中間層および第2の中間層の間に流れる電流を抑制することができる。また、第3の層および第4の層の間に流れる電流を抑制することができる。また、第1の発光デバイスおよび第2の発光デバイスの間のクロストーク現象の発生を抑制することができる。その結果、利便性、有用性または信頼性に優れた新規な表示装置を提供することができる。

[0020]

(4) また、本発明の一態様は、上記不対電子が、2.003以上2.004以下の範囲にg値を備える、表示装置である。

[0021]

(5) また、本発明の一態様は、上記不対電子が、電子スピン共鳴装置 (ESR) を用いて、大気中において、24時間経過後に、初期の50%以上のスピン密度で観測することができる、表示装置である。

[0022]

これにより、第1の層を形成したのちに適用可能な加工手段の選択の幅を広げることができる。また、第1の中間層を第1の層の上に形成したのちに、例えば、フォトリソグラフィ法を用いて、第1の中間層および第1の層を、所定の形状に加工することができる。また、第2のユニットを形成したのちに、例えば、フォトリソグラフィ法を用いて、第2のユニットおよび第1の層を、所定の形状に加工することができる。また、例えば、精細なメタルマスクを用いることなく、第1の発光デバイスから分離して、隣接する位置に、第2の発光デバイスを形成することができる。その結果、利便性、有用性または信頼性に優れた新規な表示装置を提供することができる。

[0023]

(6) また、本発明の一態様は、上記の第1の有機化合物が、電子不足型複素芳香環を有する、表示装置である。

[0024]

(7) また、本発明の一態様は、上記の第1の有機化合物が、 -3.6 eV 以上 -2.3 eV 以下の範囲に、最低空軌道 (LUMO) 準位を備える、表示装置である。

[0025]

(8) また、本発明の一態様は、上記の第1の無機化合物が、金属元素および酸素を含む、表示装置である。

[0026]

(9) また、本発明の一態様は、上記の第1の無機化合物が、リチウムと酸素を含む、表示装置である。

[0027]

これにより、発光デバイスの駆動電圧を抑制することができる。また、消費電力を抑制することができる。その結果、利便性、有用性または信頼性に優れた新規な表示装置を提供することができる。

[0028]

(10) また、本発明の一態様は、上記の第1の中間層が、不対電子を有する、表示装置である。

[0029]

(11) また、本発明の一態様は、上記の第1の中間層が、第2の有機化合物および第3の有機化合物を含む表示装置である。

[0030]

第2の有機化合物は、電子過剰型複素芳香環または芳香族アミンの少なくとも一つを有し、第2の有機化合物は、 -5.7 eV 以上 -5.3 eV 以下の範囲に最高被占軌道 (HOMO) 準位を有する。

[0031]

第3の有機化合物はフッ素を有し、第3の有機化合物は、 -5.0 eV 以下に最低空軌道 (LUMO) 準位を有する。また、第3の有機化合物は、第2の有機化合物に対して、電子受容性を有する。

[0032]

(12) また、本発明の一態様は、上記の第3の有機化合物がシアノ基を有する表示装置である。

[0033]

(13) また、本発明の一態様は、上記の第1の中間層が、金属元素を含まない表示装置である。

[0034]

これにより、例えば、金属酸化物等、成膜に高い温度を要する材料を用いることなく、第1の中間層を形成することができる。また、第1の中間層の成膜に要する温度を抑制することができる。また、第1の中間層の形成が容易になるため、生産性を高めることができる。その結果、利便性、有用性または信頼性に優れた新規な表示装置を提供することができる。

[0035]

(14) また、本発明の一態様は、上記の第1の中間層が、第5の層および第6の層を有する表示装置である。

[0036]

第5の層は第1の層と第6の層の間に挟まれ、第5の層は第4の有機化合物を含む。なお、第4の有機化合物は、 -4.0 eV 以上 -3.3 eV 以下の範囲に、最低空軌道 (LUMO) 準位を備える。

[0037]

これにより、駆動電圧を抑制することができる。また、消費電力を抑制することができる。その結果、利便性、有用性または信頼性に優れた新規な表示装置を提供することができる。

[0038]

(15) また、本発明の一態様は、第1の機能層と、第2の機能層と、表示領域と、を有する上記の表示装置である。

[0039]

第1の機能層は駆動回路を含み、駆動回路は、第1の画像信号および第2の画像信号を生成する。

[0040]

第2の機能層は第1の機能層と重なり、第2の機能層は第1の画素回路および第2の画素回路を含む。なお、第1の画素回路は第1の画像信号を供給され、第2の画素回路は第2の画像信号を供給される。

[0041]

表示領域は一組の画素を備え、一組の画素は第1の画素および第2の画素を含む。第1の画素は第1の発光デバイスおよび第1の画素回路を備え、第1の発光デバイスは第1の画素回路と電氣的に接続される。また、第2の画素は第2の発光デバイスおよび第2の画素回路を備え、第2の発光デバイスは第2の画素回路と電氣的に接続される。

[0042]

(16) また、本発明の一態様は、演算部と、上記の表示装置と、を有する電子機器である。

[0043]

演算部は画像情報を生成し、表示装置は当該画像情報を表示する。

[0044]

(17) また、本発明の一態様は、演算部と、上記の表示装置と、を有する電子機器である。

[0045]

第1の機能層は演算部を含み、演算部は画像情報を生成し、表示装置は当該画像情報を表示する。

[0046]

本明細書に添付した図面では、構成要素を機能ごとに分類し、互いに独立したブロックとしてブロック図を示しているが、実際の構成要素は機能ごとに完全に切り分けることが難しく、一つの構成要素が複数の機能に係わることもあり得る。

[0047]

本明細書においてトランジスタが有するソースとドレインは、トランジスタの極性及び各端子に与えられる電位の高低によって、その呼び方が入れ替わる。一般的に、nチャネル型トランジスタでは、低い電位が与えられる端子がソースと呼ばれ、高い電位が与えられる端子がドレインと呼ばれる。また、pチャネル型トランジスタでは、低い電位が与えられる端子がドレインと呼ばれ、高い電位が与えられる端子がソースと呼ばれる。本明細書では、便宜上、ソースとドレインとが固定されているものと仮定して、トランジスタの接続関係を説明する場合があるが、実際には上記電位の関係に従ってソースとドレインの呼び方が入れ替わる。

[0048]

本明細書においてトランジスタのソースとは、活性層として機能する半導体膜の一部であるソース領域、或いは上記半導体膜に接続されたソース電極を意味する。同様に、トランジスタのドレインとは、上記半導体膜の一部であるドレイン領域、或いは上記半導体膜に接続されたドレイン電極を意味する。また、ゲートはゲート電極を意味する。

[0049]

本明細書においてトランジスタが直列に接続されている状態とは、例えば、第1のトランジスタのソースまたはドレインの一方のみが、第2のトランジスタのソースまたはドレインの一方のみに接続されている状態を意味する。また、トランジスタが並列に接続されている状態とは、第1のトランジスタのソースまたはドレインの一方が第2のトランジスタのソースまたはドレインの一方に接続され、第1のトランジスタのソースまたはドレインの他方が第2のトランジスタのソースまたはドレインの他方に接続されている状態を意味する。

[0050]

本明細書において接続とは、電氣的な接続を意味しており、電流、電圧または電位が、供給可能、或いは伝送可能な状態に相当する。従って、接続している状態とは、直接接続している状態を必ずしも指すわけではなく、電流、電圧または電位が、供給可能、或いは伝送可能であるように、配線、

抵抗、ダイオード、トランジスタなどの回路素子を介して間接的に接続している状態も、その範疇に含む。

[0051]

本明細書において回路図上は独立している構成要素どうしが接続されている場合であっても、実際には、例えば配線の一部が電極として機能する場合など、一の導電膜が、複数の構成要素の機能を併せ持っている場合もある。本明細書において接続とは、このような、一の導電膜が、複数の構成要素の機能を併せ持っている場合も、その範疇に含める。

[0052]

また、本明細書中において、トランジスタの第1の電極または第2の電極の一方がソース電極を、他方がドレイン電極を指す。

発明の効果

[0053]

本発明の一態様によれば、利便性、有用性または信頼性に優れた新規な表示装置を提供することができる。または、利便性、有用性または信頼性に優れた新規な電子機器を提供することができる。または、新規な表示装置、新規な電子機器または新規な半導体装置を提供することができる。

[0054]

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

[0055]

図1は、実施の形態に係る表示装置の構成を説明する図である。

図2Aおよび図2Bは、実施の形態に係る表示パネルの構成を説明する図である。

図3は、実施の形態に係る表示パネルの画素を説明する回路図である。

図4Aおよび図4Bは実施の形態に係る表示パネルの構成を説明する図である。

図5A乃至図5Cは実施の形態に係る表示パネルの構成を説明する図である。

図6は実施の形態に係る表示パネルの構成を説明する図である。

図7は、実施の形態に係る表示装置の構成を説明する図である。

図8は、実施の形態に係る表示装置の構成を説明する図である。

図9は、実施の形態に係る表示装置の構成を説明する図である。

図10Aおよび図10Bは、実施の形態に係る表示装置の構成を説明する図である。

図11は、実施の形態に係る表示装置の構成を説明する図である。

図12Aおよび図12Bは、実施の形態に係る表示装置の構成を説明する図である。

図13は、実施の形態に係る表示装置の構成を説明する図である。

図14は、実施の形態に係る表示装置の構成を説明する図である。

図15は、実施の形態に係る表示装置の構成を説明する図である。

図16は、実施の形態に係る表示装置の構成を説明する図である。

図17は、実施の形態に係る表示装置の構成を説明する図である。

図18A乃至図18Cは、実施の形態に係るトランジスタの構成を説明する図である。

- 図19A乃至図19Cは、実施の形態に係る金属酸化物を説明する図である。
- 図20A乃至図20Dは、実施の形態に係る電子機器を説明する図である。
- 図21Aおよび図21Bは、実施の形態に係る電子機器を説明する図である。
- 図22は、実施例に係る発光デバイスの構成を説明する図である。
- 図23は、実施例に係る発光デバイスの構成を説明する図である。
- 図24は、実施例に係る発光デバイスの構成を説明する図である。
- 図25は、実施例に係る発光デバイスの電流密度－輝度特性を説明する図である。
- 図26は、実施例に係る発光デバイスの輝度－電流効率特性を説明する図である。
- 図27は、実施例に係る発光デバイスの電圧－輝度特性を説明する図である。
- 図28は、実施例に係る発光デバイスの電圧－電流特性を説明する図である。
- 図29は、実施例に係る発光デバイスの発光スペクトルを説明する図である。
- 図30は、実施例に係る発光デバイスの構成を説明する図である。
- 図31は、実施例に係る発光デバイスの構成を説明する図である。
- 図32は、実施例に係る発光デバイスの電流密度－輝度特性を説明する図である。
- 図33は、実施例に係る発光デバイスの輝度－電流効率特性を説明する図である。
- 図34は、実施例に係る発光デバイスの電圧－輝度特性を説明する図である。
- 図35は、実施例に係る発光デバイスの電圧－電流特性を説明する図である。
- 図36は、実施例に係る発光デバイスの発光スペクトルを説明する図である。
- 図37は、実施例に係る測定試料の構成を説明する図である。
- 図38は、実施例に係る測定試料の電子スピン共鳴スペクトルである。
- 図39は、実施例に係る比較試料の電子スピン共鳴スペクトルである。
- 図40は、実施例に係る測定試料の電子スピン共鳴スペクトルの変化を説明する図である。
- 図41は、実施例に係る測定試料の電子スピン共鳴スペクトルである。
- 図42は、実施例に係る測定試料の電子スピン共鳴スペクトルである。
- 図43は、実施例に係る測定試料の電子スピン共鳴スペクトルである。
- 図44は、実施例に係る測定試料のスピン密度を説明する図である。

発明を実施するための形態

[0056]

本発明の一態様の表示装置は、第1の発光デバイスと、第2の発光デバイスと、を有し、第2の発光デバイスは第1の発光デバイスと隣接する。第1の発光デバイスは、第1の電極、第2の電極、第1のユニット、第2のユニット、第1の中間層および第1の層を備え、第2の電極は第1の電極と重なり、第1のユニットは第2の電極および第1の電極の間に挟まれ、第2のユニットは第2の電極および第1のユニットの間に挟まれ、第1の中間層は第2のユニットおよび第1のユニットの間に挟まれ、第1の層は第1の中間層および第1のユニットの間に挟まれる。第1のユニットは第1の光を射出する機能を備え、第2のユニットは第2の光を射出する機能を備え、第1の中間層は第2のユニットに正孔を供給する機能を備え、第1の中間層は第1の層に電子を供給する機能を備える。第1の層は不対電子を含み、不対電子は、電子スピン共鳴装置（ESR）を用いて、 $1 \times 10^{16} \text{ spins/cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{18} \text{ spins/cm}^3$ 以下のスピン密度で観測することができ、第1の層は第1の無機化合物および第1の有機化合物を含み、第1の有機化合物は非共有電子対を備え、第1の有機化合物は第1の無機化合物と相互に作用し、半占有軌道を形成する。

[0057]

第2の発光デバイスは、第3の電極、第4の電極、第3のユニット、第4のユニット、第2の中間層および第2の層を備え、第4の電極は第3の電極と重なり、第3のユニットは第4の電極および第3の電極の間に挟まれ、第4のユニットは第4の電極および第3のユニットの間に挟まれ、第2の中間層は第4のユニットおよび第3のユニットの間に挟まれ、第2の層は第2の中間層および第3のユニットの間に挟まれ、第3のユニットは第3の光を射出する機能を備え、第4のユニットは、第4の光を射出する機能を備え、第2の中間層は第4のユニットに正孔を供給する機能を備え、第2の中間層は第2の層に電子を供給する機能を備える。第2の中間層は第1の中間層との間に第1の間隙を備え、第2の層は第1の層との間に第2の間隙を備え、第2の層は第1の無機化合物および第1の有機化合物を含む。

[0058]

これにより、第1の中間層および第2の中間層の間に流れる電流を抑制することができる。また、第1の発光デバイスおよび第2の発光デバイス間のクロストーク現象の発生を抑制することができる。その結果、利便性、有用性または信頼性に優れた新規な表示装置を提供することができる。

[0059]

実施の形態について、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。なお、以下に説明する発明の構成において、同一部分又は同様な機能を有する部分には同一の符号を異なる図面間で共通して用い、その繰り返しの説明は省略する。

[0060]

(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550X(i, j)の構成について、図1を参照しながら説明する。

[0061]

図1は、本発明の一態様の発光デバイスの構成を説明する断面図である。

[0062]

<発光デバイス550X(i, j)の構成例1>

発光デバイス550X(i, j)は、電極551X(i, j)と、電極552X(i, j)と、ユニット103X(i, j)と、ユニット103X2(i, j)と、中間層106X(i, j)と、を有する。

[0063]

電極552X(i, j)は、電極551X(i, j)と重なる。また、ユニット103X(i, j)は電極552X(i, j)および電極551X(i, j)の間に挟まれ、ユニット103X2(i, j)は電極552X(i, j)およびユニット103X(i, j)の間に挟まれ、中間層106X(i, j)はユニット103X2(i, j)およびユニット103X(i, j)の間に挟まれる領域を備える。

[0064]

なお、ユニット103X(i, j)は、光ELXを射出する機能を備え、ユニット103X2(i, j)は、光ELX2を射出する機能を備える。

[0065]

言い換えると、発光デバイス550X(i, j)は、積層された複数のユニットを、電極551X(i, j)および電極552X(i, j)の間に有する。また、積層された複数のユニットの数は2に限られず、3以上のユニットを積層することができる。なお、電極551X(i, j)および電極552X(i, j)の間に挟まれた積層された複数のユニットと、複数のユニットの間に挟まれた中間層106X(i, j)と、を備える構成を、積層型の発光デバイスまたはタンデム型の発光デバイスという場合がある。これにより、電流密度を低く保ったまま、高輝度の発光を得ることができる。または、信頼性を向上することができる。または、同一の輝度と比較して駆動電圧を低減することができる。または、消費電力を抑制することができる。

[0066]

《ユニット103X(i, j)の構成例》

ユニット103X(i, j)は単層構造または積層構造を備える。例えば、ユニット103X(i, j)は、層111X(i, j)、層112X(i, j)および層113X(i, j)を備える(図1参照)。ユニット103X(i, j)は光ELXを射出する機能を備える。

[0067]

層111X(i, j)は層112X(i, j)および層113X(i, j)の間に挟まれる領域を備え、層112X(i, j)は電極551X(i, j)および層111X(i, j)の間に挟まれる領域を備え、層113X(i, j)は電極552X(i, j)および層111X(i, j)の間に挟まれる領域を備える。

[0068]

例えば、発光層、正孔輸送層、電子輸送層、キャリアブロック層、などの機能層から選択した層を、ユニット103X(i, j)に用いることができる。また、正孔注入層、電子注入層、励起子ブロック層および電荷発生層などの機能層から選択した層を、ユニット103X(i, j)に用いることができる。

[0069]

《層112X(i, j)の構成例》

例えば、正孔輸送性を有する材料を、層112X(i, j)に用いることができる。また、層112X(i, j)を正孔輸送層とすることができる。なお、層111X(i, j)に含まれる発光性の材料より大きいバンドギャップを備える材料を、層112X(i, j)に用いる構成が好ましい。これにより、層111X(i, j)において生じる励起子から層112X(i, j)へのエネルギー移動を、抑制することができる。

[0070]

[正孔輸送性を有する材料]

正孔移動度が、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上である材料を、正孔輸送性を有する材料に好適に用いることができる。

[0071]

例えば、アミン化合物または π 電子過剰型複素芳香環骨格を有する有機化合物を、正孔輸送性を有する材料に用いることができる。具体的には、芳香族アミン骨格を有する化合物、カルバゾール骨格を有する化合物、チオフェン骨格を有する化合物、フラン骨格を有する化合物等を用いることができる。特に、芳香族アミン骨格を有する化合物または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。

[0072]

芳香族アミン骨格を有する化合物としては、例えば、4, 4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:NPB)、N, N'-ビス(3-メチルフェニル)-N, N'-ジフェニル-[1, 1'-ビフェニル]-4, 4'-ジアミン(略称:TPD)、4, 4'-ビス[N-(スピロ-9, 9'-ビフルオレン-2-イル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:BSPB)、4-フェニル-4'-(9-フェニルフルオレン-9-イル)トリフェニルアミン(略称:BPALP)、4-フェニル-3'-(9-フェニルフルオレン-9-イル)トリフェニルアミン(略称:mBPALP)、4-フェニル-4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称:PCBA1BP)、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)、等を用いることができる。

[0073]

カルバゾール骨格を有する化合物としては、例えば、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)、等を用いることができる。

[0074]

チオフェン骨格を有する化合物としては、例えば、4, 4', 4''-(ベンゼン-1, 3, 5-トリイル)トリ(ジベンゾチオフェン)(略称:DBT3P-I I)、2, 8-ジフェニル-4-[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]ジベンゾチオフェン(略称:DBTFLP-I I I)、4-[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]-6-フェニルジベンゾチオフェン(略称:DBTFLP-I V)、等を用いることができる。

[0075]

フラン骨格を有する化合物としては、例えば、4, 4', 4''-(ベンゼン-1, 3, 5-トリイル)トリ(ジベンゾフラン)(略称:DBF3P-I I)、4-{3-[3-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]フェニル}ジベンゾフラン(略称:mmDBFFLBi-I I)、等を用いることができる。

[0076]

《層113X(i, j)の構成例》

例えば、電子輸送性を有する材料、アントラセン骨格を有する材料および混合材料等を、層113X(i, j)に用いることができる。また、層113X(i, j)を電子輸送層ということができる。なお、層111X(i, j)に含まれる発光性の材料より大きいバンドギャップを有する材料を、層113X(i, j)に用いる構成が好ましい。これにより、層111X(i, j)において

生じる励起子から層 1 1 3 X (i , j) へのエネルギー移動を、抑制することができる。

[0077]

[電子輸送性を有する材料]

例えば、金属錯体または π 電子不足型複素芳香環骨格を有する有機化合物を、電子輸送性を有する材料に用いることができる。

[0078]

電界強度 $[V/cm]$ の平方根が 600 である条件において、電子移動度が $1 \times 10^{-7} cm^2/Vs$ 以上、 $5 \times 10^{-5} cm^2/Vs$ 以下である材料を、電子輸送性を有する材料に好適に用いることができる。これにより、電子輸送層における電子の輸送性を抑制することができる。または、発光層への電子の注入量を制御することができる。または、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。

[0079]

金属錯体としては、例えば、ビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]キノリナト)ベリリウム(II) (略称: BeBq₂)、ビス(2-メチル-8-キノリノラト)(4-フェニルフェノラト)アルミニウム(III) (略称: BA1q)、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)、等を用いることができる。

[0080]

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、ポリアゾール骨格を有する複素環化合物、ジアジン骨格を有する複素環化合物、ピリジン骨格を有する複素環化合物、トリアジン骨格を有する複素環化合物等を用いることができる。特に、ジアジン骨格を有する複素環化合物または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。また、ジアジン(ピリミジンまたはピラジン)骨格を有する複素環化合物は、電子輸送性が高く、駆動電圧を低減することができる。

[0081]

ポリアゾール骨格を有する複素環化合物としては、例えば、2-(4-ビフェニル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール(略称: PBD)、3-(4-ビフェニル)-4-フェニル-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,2,4-トリアゾール(略称: TAZ)、1,3-ビス[5-(p-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン(略称: OXD-7)、9-[4-(5-フェニル-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称: CO11)、2,2',2''-(1,3,5-ベンゼントリイル)トリス(1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール)(略称: TPBI)、2-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール(略称: mDBTBIm-II)、等を用いることができる。

[0082]

ジアジン骨格を有する複素環化合物としては、例えば、2-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称: 2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(ジベンゾチオフェン-4-イル)ビフェニル-3-イル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称: 2mDBTBPDq-II)、2-[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-I I)、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)、等を用いることができる。

[0083]

ピリジン骨格を有する複素環化合物としては、例えば、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)、等を用いることができる。

[0084]

トリアジン骨格を有する複素環化合物としては、例えば、2-[3'-(9, 9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-1, 1'-ビフェニル-3-イル]-4, 6-ジフェニル-1, 3, 5-トリアジン (略称: mFBPTzn)、2-[(1, 1'-ビフェニル)-4-イル]-4-フェニル-6-[9, 9'-スピロビ(9H-フルオレン)-2-イル]-1, 3, 5-トリアジン (略称: BP-SFTzn)、2-{3-[3-(ベンゾ「b」ナフト[1, 2-d]フラン-8-イル) フェニル] フェニル}-4, 6-ジフェニル-1, 3, 5-トリアジン (略称: mBnfBPTzn)、2-{3-[3-(ベンゾ「b」ナフト[1, 2-d]フラン-6-イル) フェニル] フェニル}-4, 6-ジフェニル-1, 3, 5-トリアジン (略称: mBnfBPTzn-02)、等を用いることができる。

[0085]

[アントラセン骨格を有する材料]

アントラセン骨格を有する有機化合物を、層113X(i, j)に用いることができる。特に、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を好適に用いることができる。

[0086]

例えば、アントラセン骨格と含窒素5員環骨格の両方を含む有機化合物を用いることができる。または、2つの複素原子を環に含む含窒素5員環骨格とアントラセン骨格の両方を含む有機化合物を用いることができる。具体的には、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、等を当該複素環骨格に好適に用いることができる。

[0087]

例えば、アントラセン骨格と含窒素6員環骨格の両方を含む有機化合物を用いることができる。または、2つの複素原子を環に含む含窒素6員環骨格とアントラセン骨格の両方を含む有機化合物を用いることができる。具体的には、ピラジン環、ピリミジン環、ピリダジン環等を当該複素環骨格に好適に用いることができる。

[0088]

[混合材料の構成例]

また、複数種の物質を混合した材料を、層113X(i, j)に用いることができる。具体的には、アルカリ金属、アルカリ金属化合物またはアルカリ金属錯体と、電子輸送性を有する物質とを含む混合材料を、層113X(i, j)に用いることができる。なお、本明細書等において、上記の発光デバイスをRecombination-Site Tailoring Injection構造(ReSTI構造)と呼称する場合がある。

[0089]

なお、電子輸送性を有する材料のHOMO準位が -6.0 eV 以上であるとより好ましい。また、アルカリ金属、アルカリ金属化合物またはアルカリ金属錯体が、層113X(i, j)の厚さ方向において濃度差をもって存在する構成が好ましい。

[0090]

例えば、8-ヒドロキシキノリナト構造を含む金属錯体を用いることができる。また、8-ヒドロキシキノリナト構造を含む金属錯体のメチル置換体（例えば2-メチル置換体または5-メチル置換体）等を用いることもできる。

[0091]

8-ヒドロキシキノリナト構造を含む金属錯体としては、8-ヒドロキシキノリナト-リチウム（略称：Li q）、8-ヒドロキシキノリナト-ナトリウム（略称：Na q）等を用いることができる。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、Li qがより好ましい。

[0092]

《層111X(i, j)の構成例1》

例えば、発光性の材料、または発光性の材料およびホスト材料を、層111X(i, j)に用いることができる。また、層111X(i, j)を発光層ということができる。なお、正孔と電子が再結合する領域に層111X(i, j)を配置する構成が好ましい。これにより、キャリアの再結合により生じるエネルギーを、効率よく光にして射出することができる。

[0093]

また、電極等に用いる金属から遠ざけて層111X(i, j)を配置する構成が好ましい。これにより、電極等に用いる金属による消光現象を抑制することができる。

[0094]

また、反射性を備える電極等から層111X(i, j)までの距離を調節し、発光波長に応じた適切な位置に、層111X(i, j)を配置する構成が好ましい。これにより、電極等が反射する光と、層111X(i, j)が射出する光との干渉現象を利用して、振幅を強め合うことができる。また、所定の波長の光を強めて、光のスペクトルを狭線化することができる。また、鮮やかな発光色を強い強度で得ることができる。換言すれば、電極等間の適切な位置に層111X(i, j)を配置して、微小共振器構造（マイクロキャビティ）を構成することができる。

[0095]

例えば、蛍光発光物質、りん光発光物質または熱活性化遅延蛍光TADF（Thermally Activated Delayed Fluorescence）を示す物質（TADF材料ともいう）を、発光性の材料に用いることができる。これにより、キャリアの再結合により生じたエネルギーを、発光性の材料から光ELXとして放出することができる（図1参照）。

[0096]

[蛍光発光物質]

蛍光発光物質を層111X(i, j)に用いることができる。例えば、以下に例示する蛍光発光物質を層111X(i, j)に用いることができる。なお、これに限定されず、さまざまな公知の蛍光性発光物質を層111X(i, j)に用いることができる。

[0097]

具体的には、5, 6-ビス[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-2, 2'-ビ

ピリジン (略称: P A P 2 B P y)、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: P A P P 2 B P y)、N, N'-ジフェニル-N, N'-ビス [4- (9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル) フェニル] ピレン-1, 6-ジアミン (略称: 1, 6 F L P A P r n)、N, N'-ビス (3-メチルフェニル) -N, N'-ビス [3- (9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル) フェニル] ピレン-1, 6-ジアミン (略称: 1, 6 m M e m F L P A P r n)、N, N'-ビス [4- (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: Y G A 2 S)、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: Y G A P A)、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: 2 Y G A P P A)、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: P C A P A)、ペリレン、2, 5, 8, 11-テトラ (t e r t-ブチル) ペリレン (略称: T B P)、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: P C B A P A)、N, N'' - (2-t e r t-ブチルアントラセン-9, 10-ジイル) -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: D P A B P A)、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: 2 P C A P P A)、N, N' - (ピレン-1, 6-ジイル) ビス [(6, N-ジフェニルベンゾ [b] ナフト [1, 2-d] フラン) -8-アミン] (略称: 1, 6 B n f A P r n - 0 3)、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, 10 P C A 2 N b f (I V) - 0 2)、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, 10 F r A 2 N b f (I V) - 0 2)、等を用いることができる。

[0098]

特に、1, 6 F L P A P r n または 1, 6 m M e m F L P A P r n、1, 6 B n f A P r n - 0 3 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、発光効率または信頼性に優れているため好ましい。

[0099]

また、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: 2 D P A P P A)、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: D B C 1)、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: 2 P C A P A)、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: 2 P C A B P h A)、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: 2 D P A P A)、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: 2 D P A B P h A)、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]

ー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：DP h A Ph A）、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）、等を用いることができる。

[0100]

また、2-（2- {2- [4-（ジメチルアミノ）フェニル] エテニル} -6-メチル-4H-ピラン-4-イリデン）プロパンジニトリル（略称：DCM1）、2- {2-メチル-6- [2-（2, 3, 6, 7-テトラヒドロ-1H, 5H-ベンゾ [i j] キノリジン-9-イル）エテニル] -4H-ピラン-4-イリデン} プロパンジニトリル（略称：DCM2）、N, N, N', N'-テトラキス（4-メチルフェニル）テトラセン-5, 11-ジアミン（略称：p-mPhTD）、7, 14-ジフェニル-N, N, N', N'-テトラキス（4-メチルフェニル）アセナフト [1, 2-a] フルオランテン-3, 10-ジアミン（略称：p-mPhAFD）、2- {2-イソプロピル-6- [2-（1, 1, 7, 7-テトラメチル-2, 3, 6, 7-テトラヒドロ-1H, 5H-ベンゾ [i j] キノリジン-9-イル）エテニル] -4H-ピラン-4-イリデン} プロパンジニトリル（略称：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 [i j] キノリジン-9-イル）エテニル] -4H-ピラン-4-イリデン} プロパンジニトリル（略称：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 [i j] キノリジン-9-イル）エテニル] -4H-ピラン-4-イリデン} プロパンジニトリル（略称：BisDCJTM）、等を用いることができる。

[0101]

[りん光発光物質]

りん光発光物質を層111X (i, j) に用いることができる。例えば、以下に例示するりん光発光物質を層111X (i, j) に用いることができる。なお、これに限定されず、さまざまな公知のりん光性発光物質を層111X (i, j) に用いることができる。

[0102]

例えば、4H-トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体、1H-トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体、イミダゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体、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、ピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体、ピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体、ピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体、希土類金属錯体、白金錯体、等を層111X (i, j) に用いることができる。

[0103]

[りん光発光物質（青色）]

4H-トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体等としては、トリス {2- [5-（2-メチルフェニル）-4-（2, 6-ジメチルフェニル）-4H-1, 2, 4-トリアゾール-3-イル-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 (I I I) (略称 : [I r (M p t z) ₃]) 、 トリス [4 - (3 - ビフェニル) - 5 - イソプロピル - 3 - フェニル - 4 H - 1 , 2 , 4 - トリアゾラト] イリジウム (I I I) (略称 : [I r (i P r p t z - 3 b) ₃]) 、 等を用いることができる。

[0 1 0 4]

1 H - トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体等としては、トリス [3 - メチル - 1 - (2 - メチルフェニル) - 5 - フェニル - 1 H - 1 , 2 , 4 - トリアゾラト] イリジウム (I I I) (略称 : [I r (M p t z 1 - m p) ₃]) 、 トリス (1 - メチル - 5 - フェニル - 3 - プロピル - 1 H - 1 , 2 , 4 - トリアゾラト) イリジウム (I I I) (略称 : [I r (P r p t z 1 - M e) ₃]) 、 等を用いることができる。

[0 1 0 5]

イミダゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体等としては、 f a c - トリス [1 - (2 , 6 - ジイソプロピルフェニル) - 2 - フェニル - 1 H - イミダゾール] イリジウム (I I I) (略称 : [I r (i P r p m i) 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 (I I I) (略称 : [I r (d m p i m p t - M e) ₃]) 、 等を用いることができる。

[0 1 0 6]

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等としては、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 (I I I) テトラキス (1 - ピラゾリル) ポラート (略称 : F I r 6) 、 ビス [2 - (4' , 6' - ジフルオロフェニル) ピリジナト - N , C ^{2'}] イリジウム (I I I) ピコリナート (略称 : F I r p i c) 、 ビス { 2 - [3' , 5' - ビス (トリフルオロメチル) フェニル] ピリジナト - N , C ^{2'} } イリジウム (I I I) ピコリナート (略称 : [I r (C F ₃ p p y) ₂ (p i c)]) 、 ビス [2 - (4' , 6' - ジフルオロフェニル) ピリジナト - N , C ^{2'}] イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称 : F I r a c a c) 、 等を用いることができる。

[0 1 0 7]

なお、これらは青色のりん光発光を示す化合物であり、440 nm から 520 nm に発光波長のピークを有する化合物である。

[0 1 0 8]

[りん光発光物質 (緑色)]

ピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体等としては、トリス (4 - メチル - 6 - フェニルピリミジナト) イリジウム (I I I) (略称 : [I r (m p p m) ₃]) 、 トリス (4 - t - ブチル - 6 - フェニルピリミジナト) イリジウム (I I I) (略称 : [I r (t B u p p m) ₃]) 、 (アセチルアセトナト) ビス (6 - メチル - 4 - フェニルピリミジナト) イリジウム (I I I) (略称 : [I r (m p p m) ₂ (a c a c)]) 、 (アセチルアセトナト) ビス (6 - t e r t - ブチル - 4 - フェニルピリミジナト) イリジウム (I I I) (略称 : [I r (t B u p p m) ₂ (a c a c)]) 、 (アセチルアセトナト) ビス [6 - (2 - ノルボルニル) - 4 - フェニルピリミジナト] イリジウム (I I I) (略称 : [I r (n b p p m) ₂ (a c a c)]) 、 (アセチルアセトナト) ビス [5 - メチル - 6 - (2 - メチルフェニル) - 4 - フェニルピリミジナト] イリジウム (I I I) (略称 : [I r (m p m p p m) ₂ (a c a c)]) 、 (アセチルアセトナト) ビス (4 , 6 - ジフェニルピリミジナト) イリジウム (I I I) (略称 : [I r (d p p m) ₂

(a c a c)])、等を用いることができる。

[0109]

ピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体等としては、(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(a c a c)])、(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(a c a c)])、等を用いることができる。

[0110]

ピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体等としては、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)アセチルアセトナト(略称:[Ir(ppy)₂(a c a c)])、ビス(ベンゾ[h]キノリナト)イリジウム(III)アセチルアセトナト(略称:[Ir(bzq)₂(a c a c)])、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)アセチルアセトナト(略称:[Ir(pq)₂(a c a c)])、[2-d3-メチル-8-(2-ピリジニル-κN)ベンゾフロ[2,3-b]ピリジン-κC]ビス[2-(5-d3-メチル-2-ピリジニル-κN₂)フェニル-κC]イリジウム(III)(略称:[Ir(5mppy-d3)₂(mbfppy-d3)])、[2-d3-メチル-(2-ピリジニル-κN)ベンゾフロ[2,3-b]ピリジン-κC]ビス[2-(2-ピリジニル-κN)フェニル-κC]イリジウム(III)(略称:[Ir(ppy)₂(mbfppy-d3)])、等を用いることができる。

[0111]

希土類金属錯体としては、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(a c a c)₃(Phen)])、などが挙げられる。

[0112]

なお、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に発光波長のピークを有する。また、ピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、信頼性または発光効率において、際だって優れる。

[0113]

[りん光発光物質(赤色)]

ピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体等としては、(ジイソブチルメタナト)ビス[4,6-ビス(3-メチルフェニル)ピリミジナト]イリジウム(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(d1nppm)₂(dpm)])、等を用いることができる。

[0114]

ピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体等としては、(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(a c a

c)])、ビス (2, 3, 5-トリフェニルピラジナト) (ジピバロイルメタナト) イリジウム (I I I) (略称: [I r (t p p r)₂ (d p m)])、(アセチルアセトナト) ビス [2, 3-ビス (4-フルオロフェニル) キノキサリナト] イリジウム (I I I) (略称: [I r (F d p q)₂ (a c a c)])、等を用いることができる。

[0115]

ピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体等としては、トリス (1-フェニルイソキノリナト-N, C^{2'}) イリジウム (I I I) (略称: [I r (p i q)₃])、ビス (1-フェニルイソキノリナト-N, C^{2'}) イリジウム (I I I) アセチルアセトナト (略称: [I r (p i q)₂ (a c a c)])、等を用いることができる。

[0116]

希土類金属錯体等としては、トリス (1, 3-ジフェニル-1, 3-プロパンジオナト) (モノフェナントロリン) ユーロピウム (I I I) (略称: [E u (D B M)₃ (P h e n)])、トリス [1-(2-テノイル)-3, 3, 3-トリフルオロアセトナト] (モノフェナントロリン) ユーロピウム (I I I) (略称: [E u (T T A)₃ (P h e n)])、等を用いることができる。

[0117]

白金錯体等としては、2, 3, 7, 8, 12, 13, 17, 18-オクタエチル-21H, 23H-ポルフィリン白金 (I I) (略称: P t O E P)、等を用いることができる。

[0118]

なお、これらは、赤色のりん光発光を示す化合物であり、600 nmから700 nmに発光のピークを有する。また、ピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、表示装置に良好に用いることができる色度の赤色発光が得られる。

[0119]

[熱活性化遅延蛍光 (TADF) を示す物質]

TADF材料を層111X (i, j) に用いることができる。例えば、以下に例示するTADF材料を発光性の材料に用いることができる。なお、これに限定されず、さまざまな公知のTADF材料を、発光性の材料に用いることができる。

[0120]

TADF材料は、S1準位とT1準位との差が小さく、わずかな熱エネルギーによって三重項励起状態から一重項励起状態に逆項間交差 (アップコンバート) できる。これにより、三重項励起状態から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。

[0121]

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E x c i p l e x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。

[0122]

なお、T1準位の指標としては、低温 (例えば77 Kから10 K) 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0.3 eV以

下であることが好ましく、 0.2 eV 以下であることがさらに好ましい。

[0123]

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、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。

[0124]

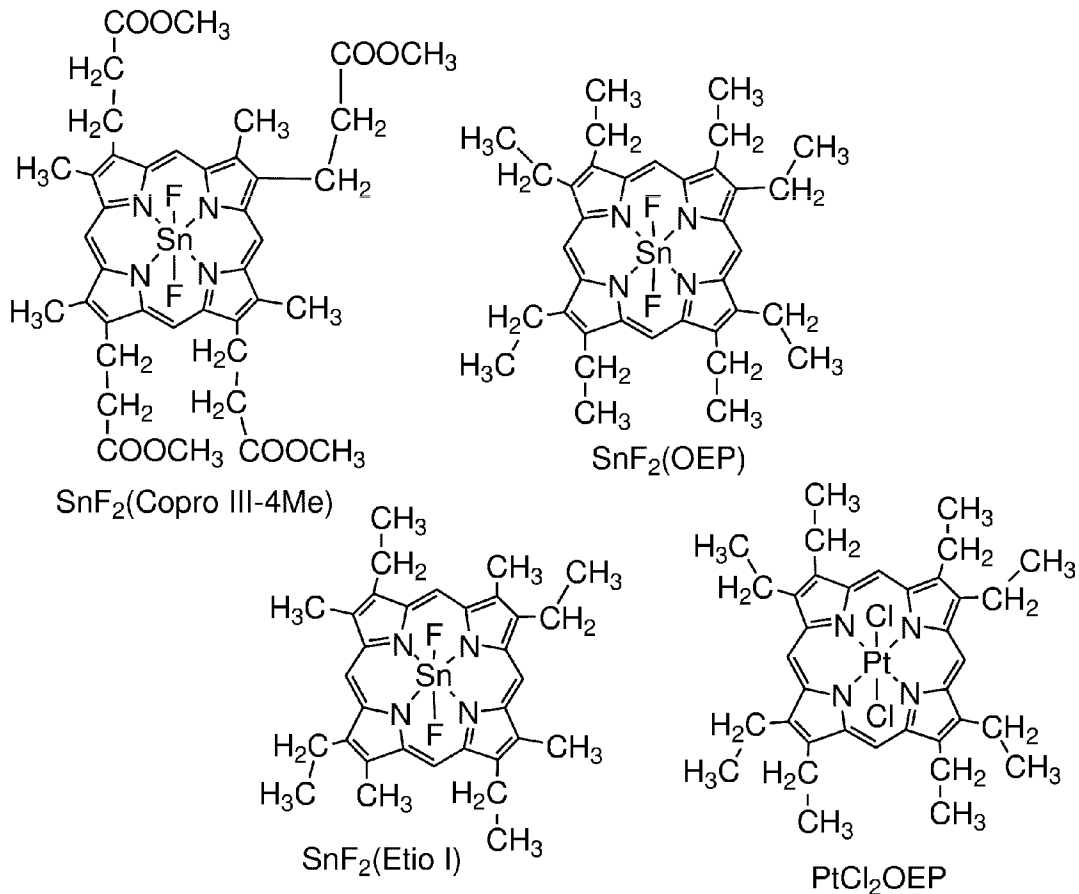
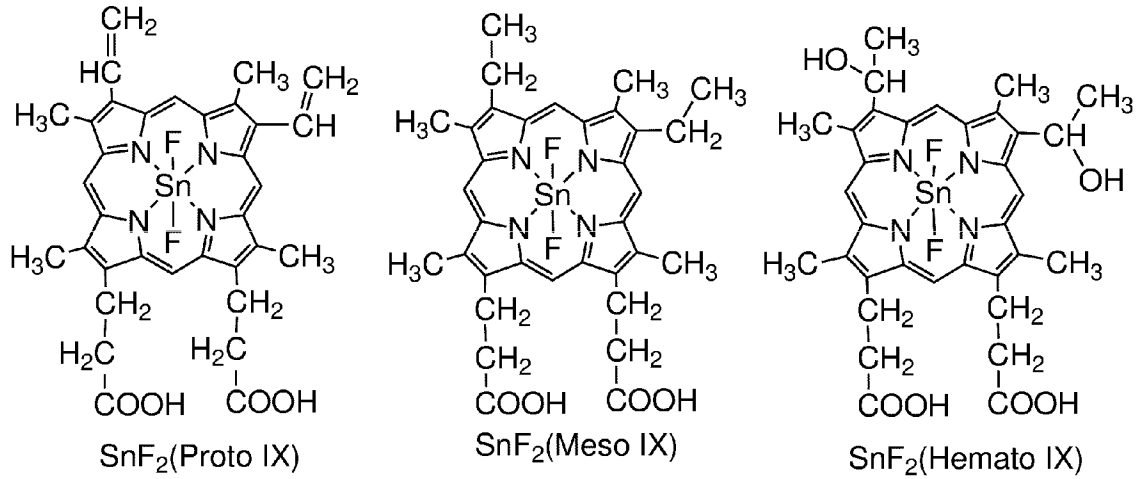
例えば、フラーレン及びその誘導体、アクリジン及びその誘導体、エオシン誘導体等をTADF材料に用いることができる。また、マグネシウム(Mg)、亜鉛(Zn)、カドミウム(Cd)、スズ(Sn)、白金(Pt)、インジウム(In)、もしくはパラジウム(Pd)等を含む金属含有ポルフィリンをTADF材料に用いることができる。

[0125]

具体的には、構造式を以下に示す、プロトポルフィリンフッ化スズ錯体($\text{SnF}_2(\text{Proto IX})$)、メソポルフィリンフッ化スズ錯体($\text{SnF}_2(\text{Meso IX})$)、ヘマトポルフィリンフッ化スズ錯体($\text{SnF}_2(\text{Hemat o IX})$)、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($\text{SnF}_2(\text{Copro III-4Me})$)、オクタエチルポルフィリンフッ化スズ錯体($\text{SnF}_2(\text{OEP})$)、エチオポルフィリンフッ化スズ錯体($\text{SnF}_2(\text{Etio I})$)、オクタエチルポルフィリン塩化白金錯体(PtCl_2OEP)、等を用いることができる。

[0126]

[化1]



[0127]

また、例えば、 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をTADF材料に用いることができる。

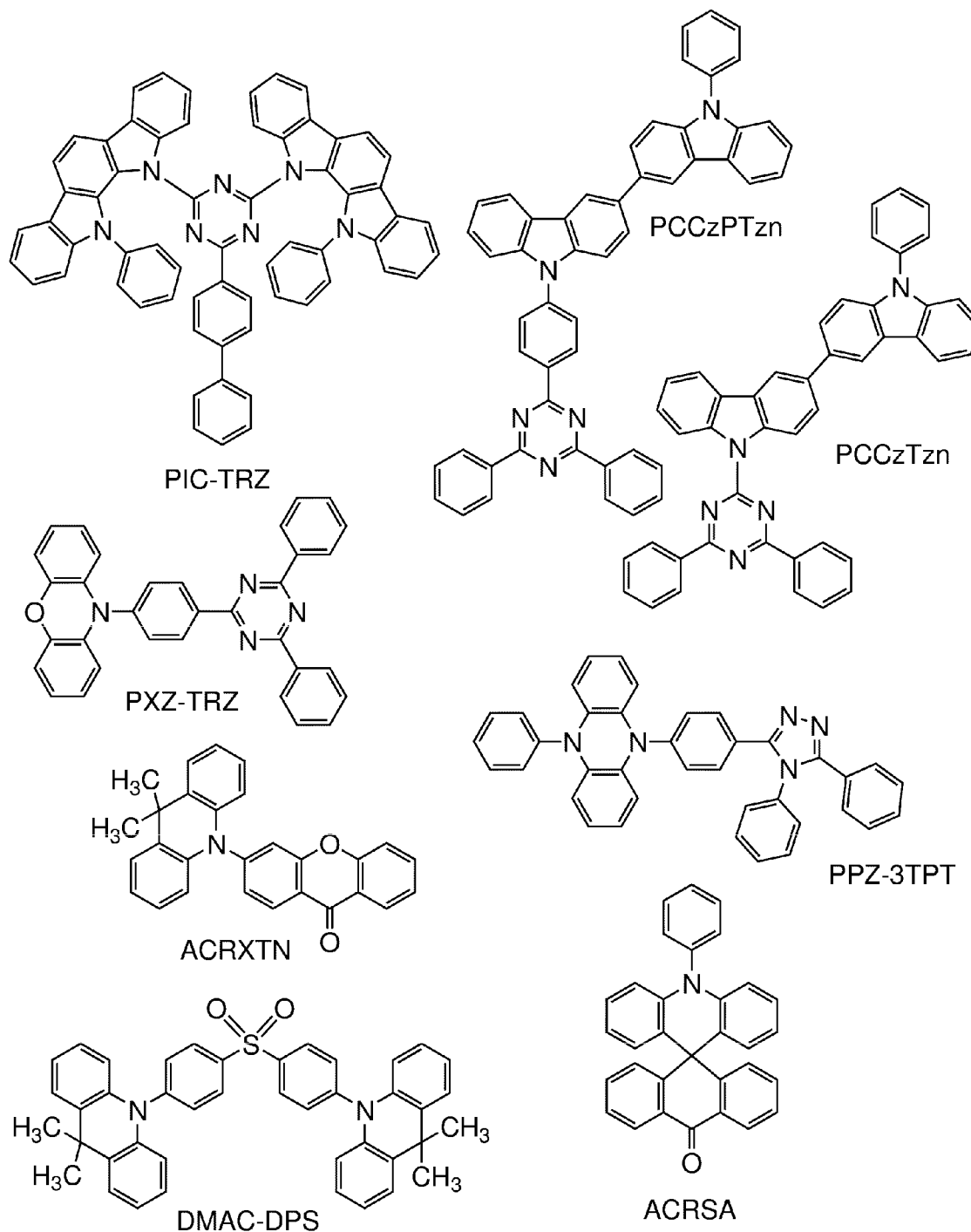
[0128]

具体的には、構造式を以下に示す、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)、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

エノキサジン-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-キサントレン-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)、等を用いることができる。

[0129]

[化2]



[0130]

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。特に、 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性が高く、信頼性が良好なため好ましい。

[0131]

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、チオフエン骨格、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、チオフエン骨格としてはジベンゾチオフエン骨格が、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。

[0132]

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。

[0133]

また、 π 電子不足型骨格として、キサントレン骨格、チオキサントレ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、アントラキノ骨格、フェニルボランまたは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または複素芳香環、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。

[0134]

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。

[0135]

《層111X(i, j)の構成例2》

キャリア輸送性を備える材料をホスト材料に用いることができる。例えば、正孔輸送性を有する材料、電子輸送性を有する材料、熱活性化遅延蛍光TADFを示す物質、アントラセン骨格を有する材料および混合材料等をホスト材料に用いることができる。なお、層111X(i, j)に含まれる発光性の材料より大きいバンドギャップを備える材料を、ホスト材料に用いる構成が好ましい。これにより、層111X(i, j)において生じる励起子からホスト材料へのエネルギー移動を、抑制することができる。

[0136]

[正孔輸送性を有する材料]

正孔移動度が、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{V s}$ 以上である材料を、正孔輸送性を有する材料に好適に用いることができる。

[0137]

例えば、層112X(i, j)に用いることができる正孔輸送性を有する材料を、層111X(i, j)に用いることができる。具体的には、正孔輸送層に用いることができる正孔輸送性を有する材料を、層111X(i, j)に用いることができる。

[0138]

[電子輸送性を有する材料]

例えば、金属錯体または π 電子不足型複素芳香環骨格を有する有機化合物を、電子輸送性を有する材料に用いることができる。

[0139]

例えば、層113X(i, j)に用いることができる電子輸送性を有する材料を、層111X(i, j)に用いることができる。具体的には、電子輸送層に用いることができる電子輸送性を有する材料を、層111X(i, j)に用いることができる。

[0140]

[アントラセン骨格を有する材料]

アントラセン骨格を有する有機化合物を、ホスト材料に用いることができる。特に、発光物質に蛍光発光物質を用いる場合において、アントラセン骨格を有する有機化合物は好適である。これにより、発光効率および耐久性が良好な発光デバイスを実現することができる。

[0141]

アントラセン骨格を有する有機化合物としては、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有機化合物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。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準位が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。なお、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またはジベンゾフルオレン骨格を用いてもよい。

[0142]

したがって、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を共に有する物質、9,10-ジフェニルアントラセン骨格およびベンゾカルバゾール骨格を共に有する物質、9,10-ジフェニルアントラセン骨格およびジベンゾカルバゾール骨格を共に有する物質は、ホスト材料として好ましい。

[0143]

例えば、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)ピフェニル-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: α N- β NPAnth)、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)、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

ル) フェニル] - 7H-ジベンゾ [c, g] カルバゾール (略称: cgDBCzPA)、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)、等を用いることができる。

[0144]

特に、CzPA、cgDBCzPA、2mBnfPPA、PCzPAは非常に良好な特性を示す。

[0145]

[熱活性化遅延蛍光 (TADF) を示す物質]

TADF材料をホスト材料に用いることができる。TADF材料は、三重項励起エネルギーを、逆項間交差によって一重項励起エネルギーに変換することができる。また、TADF材料において、キャリアが再結合する構成が好ましい。これにより、キャリアの再結合により生じた三重項励起エネルギーを一重項励起エネルギーに、逆項間交差により効率よく変換することができる。また、励起エネルギーを発光物質に移動することができる。換言すれば、TADF材料はエネルギードナーとして機能し、発光物質はエネルギーアクセプターとして機能する。これにより、発光デバイスの発光効率を高めることができる。

[0146]

エネルギーアクセプターとしては、蛍光発光物質を好適に用いることができる。特に、蛍光発光物質のS1準位と比較して、TADF材料のS1準位が高い場合、高い発光効率を得ることができる。また、蛍光発光物質のS1準位と比較して、TADF材料のT1準位が高いとより好ましい。また、蛍光発光物質のT1準位と比較して、TADF材料のT1準位が高いとより好ましい。

[0147]

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。これにより、TADF材料から蛍光発光物質への励起エネルギーの移動を容易にし、効率よく発光を得ることができる。

[0148]

また、エネルギーアクセプターとして用いる蛍光発光物質は、発光団 (発光の原因となる骨格) と、当該発光団の周囲に保護基を有するものが好ましい。また、複数の保護基があるとさらに好ましい。これにより、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する現象を抑制することができる。

[0149]

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。

[0150]

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。

[0151]

また、発光団の周囲に配する保護基としては、 π 結合を有さない置換基が好ましい。例えば、飽和

炭化水素が好ましく、具体的には、メチル基、炭素数3以上10以下の分岐を有するアルキル基、環を形成する炭素数が3以上10以下の置換もしくは無置換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を、保護基に用いることができる。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。これにより、キャリア輸送またはキャリア再結合に影響をほとんど与えることなく、TADF材料から蛍光発光物質の発光団を遠ざけ、TADF材料と蛍光発光物質の発光団の間の距離を適切にすることができる。また、デクスター機構によるエネルギー移動を抑制することができ、フェルスター機構によるエネルギー移動を促進することができる。

[0152]

例えば、発光性の材料に用いることができるTADF材料を、ホスト材料に用いることができる。

[0153]

[混合材料の構成例1]

また、複数種の物質を混合した材料を、ホスト材料に用いることができる。例えば、電子輸送性を有する材料と正孔輸送性を有する材料を、混合材料に用いることができる。混合材料に含まれ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重量比の値は、(正孔輸送性を有する材料/電子輸送性を有する材料) = (1/19) 以上 (19/1) 以下とすればよい。これにより、層111X(i, j)のキャリア輸送性を容易に調整することができる。また、再結合領域の制御も簡便に行うことができる。

[0154]

[混合材料の構成例2]

りん光発光物質を混合した材料を、ホスト材料に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。

[0155]

りん光発光物質を混合した材料をホスト材料に用いる場合、りん光発光物質は保護基を有するものが好ましい。また、複数の保護基があるとさらに好ましい。

[0156]

また、保護基としては、π結合を有さない置換基が好ましい。例えば、飽和炭化水素が好ましく、具体的には、炭素数3以上10以下の分岐を有するアルキル基、環を形成する炭素数が3以上10以下の置換もしくは無置換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を、保護基に用いることができる。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。これにより、キャリア輸送またはキャリア再結合に影響をほとんど与えることなく、りん光発光物質から蛍光発光物質の発光団を遠ざけ、りん光発光物質と蛍光発光物質の発光団の距離を適切にすることができる。また、デクスター機構によるエネルギー移動を抑制することができ、フェルスター機構によるエネルギー移動を促進することができる。

[0157]

また、同様の理由から、りん光発光物質を混合した材料をホスト材料に用いる場合、蛍光発光物質は、発光団(発光の原因となる骨格)と、当該発光団の周囲に保護基を有するものが好ましい。また、複数の保護基があるとさらに好ましい。

[0158]

[混合材料の構成例3]

励起錯体を形成する材料を含む混合材料を、ホスト材料に用いることができる。例えば、形成される励起錯体の発光スペクトルが、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材料を、ホスト材料に用いることができる。これにより、エネルギー移動がスムーズとなり、発光効率を向上することができる。または、駆動電圧を抑制することができる。このような構成とすることにより、励起錯体から発光物質（燐光材料）へのエネルギー移動である ExTET (Exciplex-Triplet Energy Transfer) を用いた発光を効率よく得ることができる。
[0159]

励起錯体を形成する材料の少なくとも一方に、りん光発光物質を用いることができる。これにより、逆項間交差を利用することができる。または、三重項励起エネルギーを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。

[0160]

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。または、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。これにより、効率よく励起錯体を形成することができる。なお、材料の LUMO 準位および HOMO 準位は、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。具体的には、サイクリックボルタメトリ (CV) 測定法を用いて、還元電位および酸化電位を測定することができる。

[0161]

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。

[0162]

《中間層 106X (i, j) の構成例》

中間層 106X (i, j) は、ユニット 103X (i, j) またはユニット 103X₂ (i, j) の一方に電子を供給し、他方に正孔を供給する機能を備える。また、中間層 106X (i, j) は不対電子を含む。

[0163]

単層または複数の層が積層された層を中間層 106X (i, j) に用いることができる。例えば、中間層 106X (i, j) は、層 106X₁ (i, j) および層 106X₂ (i, j) を備える。層 106X₂ (i, j) は層 106X₁ (i, j) およびユニット 103X₂ (i, j) の間に挟まれる。

[0164]

《層106X2(i, j)の構成例》

例えば、電圧を加えることにより、陽極側に電子を供給し、陰極側に正孔を供給する材料を、層106X2(i, j)に用いることができる。具体的には、陽極側に配置されるユニット103X(i, j)に電子を供給することができ、陰極側に配置されるユニット103X2(i, j)に正孔を供給することができる。また、層106X2(i, j)を電荷発生層とすることができる。

[0165]

アクセプタ性を有する物質を、層106X2(i, j)に用いることができる。または、複数種の物質を含む複合材料を、層106X2(i, j)に用いることができる。

[0166]

[アクセプタ性を有する物質]

有機化合物および無機化合物を、アクセプタ性を有する物質に用いることができる。アクセプタ性を有する物質は、電界の印加により、隣接する正孔輸送層あるいは正孔輸送性を有する材料から電子を引き抜くことができる。

[0167]

例えば、電子吸引基（ハロゲン基またはシアノ基）を有する化合物を、アクセプタ性を有する物質に用いることができる。なお、アクセプタ性を有する有機化合物は蒸着が容易で成膜がしやすい。これにより、発光デバイスの生産性を高めることができる。

[0168]

具体的には、7, 7, 8, 8-テトラシアノー-2, 3, 5, 6-テトラフルオロキノジメタン（略称：F₄-TCNQ）、クロラニル、2, 3, 6, 7, 10, 11-ヘキサシアノー-1, 4, 5, 8, 9, 12-ヘキサアザトリフェニレン（略称：HAT-CN）、1, 3, 4, 5, 7, 8-ヘキサフルオロテトラシアノー-ナフトキノジメタン（略称：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、等を用いることができる。

[0169]

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。

[0170]

また、電子吸引基（特にフルオロ基のようなハロゲン基またはシアノ基）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い。

[0171]

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-シアノー-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]、等を用いることができる。

[0172]

また、モリブデン酸化物、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、アクセプタ性を有する物質に用いることができる。

[0173]

また、フタロシアニン（略称：H₂Pc）、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）等の芳香族アミン骨格を有する化合物を用いることができる。

[0174]

また、ポリ(3, 4-エチレンジオキシチオフェン) / ポリ(スチレンスルホン酸) (PEDOT / PSS) 等の高分子等を用いることができる。

[0175]

[複合材料の構成例1]

また、例えば、アクセプタ性を有する物質と正孔輸送性を有する材料を含む複合材料を、層106 X 2 (i, j) に用いることができる。

[0176]

例えば、芳香族アミン骨格を有する化合物、カルバゾール誘導体、芳香族炭化水素、ビニル基を有している芳香族炭化水素、高分子化合物（オリゴマー、 dendrimer、ポリマー等）などを、複合材料の正孔輸送性を有する材料に用いることができる。また、正孔移動度が、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上である材料を、複合材料の正孔輸送性を有する材料に好適に用いることができる。

[0177]

また、比較的深いHOMO準位を有する物質を、複合材料の正孔輸送性を有する材料に好適に用いることができる。具体的には、HOMO準位が -5.7 eV 以上 -5.3 eV 以下であると好ましい。これにより、ユニット103 X 2 (i, j) への正孔の注入を容易にすることができる。または、層112 X 2 (i, j) への正孔の注入を容易にすることができる。または、発光デバイスの信頼性を向上することができる。

[0178]

芳香族アミン骨格を有する化合物としては、例えば、N, N'-ジ(p-トリル)-N, N'-ジフェニル-p-フェニレンジアミン（略称：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）、等を用いることができる。

[0179]

カルバゾール誘導体としては、例えば、3-[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：PCzPCA1）、3, 6-ビス [N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：PCzPCA2）、3-[N-(1-ナフチル)-N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)アミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：PCzPCN1）、4, 4'-ジ(N-カルバゾリル)ビフェニル（略称：CBP）、1, 3, 5-トリス [4-(N-カルバゾリル)フェニル] ベンゼン（略称：TCPB）、9-[4-(10-フェニル-9-アントラセニル)フェニル]

ル] - 9H-カルバゾール (略称: CzPA)、1, 4-ビス [4- (N-カルバゾリル) フェニル] - 2, 3, 5, 6-テトラフェニルベンゼン、等を用いることができる。

[0180]

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、ルブレネン、ペリレン、2, 5, 8, 11-テトラ (tert-ブチル) ペリレン、ペンタセン、コロネン、等を用いることができる。

[0181]

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)、等を用いることができる。

[0182]

高分子化合物としては、例えば、ポリ (N-ビニルカルバゾール) (略称: PVK)、ポリ (4-ビニルトリフェニルアミン) (略称: PVTPA)、ポリ [N- (4- {N'- [4- (4-ジフェニルアミノ) フェニル] フェニル-N'-フェニルアミノ} フェニル) メタクリルアミド] (略称: PTPDMA)、ポリ [N, N'-ビス (4-ブチルフェニル) -N, N'-ビス (フェニル) ベンジジン] (略称: Poly-TPD)、等を用いることができる。

[0183]

また、例えば、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備える物質を、複合材料の正孔輸送性を有する材料に好適に用いることができる。また、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を備える物質を、複合材料の正孔輸送性を有する材料に用いることができる。なお、N, N'-ビス (4-ビフェニル) アミノ基を有する物質を用いると、発光デバイスの信頼性を向上することができる。

[0184]

これらの材料としては、例えば、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: PCBNB SF)、N, N-ビス (4-ビフェニル) -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'

ー (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)-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)、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、等を用いることができる。

[0185]

《層106X1(i, j)の構成例》

例えば、電子輸送性を有する材料を層106X1(i, j)に用いることができる。また、層106X1(i, j)を電子リレー層とすることができる。層106X1(i, j)を用いると、層106X1(i, j)の陽極側に接する層を、層106X1(i, j)の陰極側に接する層から遠ざけることができる。層106X1(i, j)の陽極側に接する層と、層106X1(i, j)の陰極側に接する層の間の相互作用を軽減することができる。また、層106X1(i, j)の陽極側に接する層に電子をスムーズに供給することができる。

[0186]

層106X1(i, j)の陽極側に接する層に含まれるアクセプタ性を有する物質のLUMO準位と、層106X1(i, j)の陰極側と接する層に含まれる物質のLUMO準位の間、LUMO準位を備える物質を、層106X1(i, j)に好適に用いることができる。

[0187]

例えば、-5.0 eV以上、好ましくは-5.0 eV以上-3.0 eV以下、より好ましくは-4.0 eV以上-3.3 eV以下の範囲にLUMO準位を備える材料を、層106X1(i, j)に用いることができる。

[0188]

また、不対電子を有する材料を用いることができる。具体的には、フタロシアニン系の材料を層106X1(i, j)に用いることができる。または、金属-酸素結合および芳香族配位子を有する金属錯体を層106X1(i, j)に用いることができる。

[0189]

《ユニット103X2(i, j)の構成例1》

ユニット103X2 (i, j) は単層構造または積層構造を備える。例えば、ユニット103X2 (i, j) は、層111X2 (i, j)、層112X2 (i, j) および層113X2 (i, j) を備える (図1参照)。ユニット103X (i, j) は光ELXを射出する機能を備える。

[0190]

層111X2 (i, j) は層112X2 (i, j) および層113X2 (i, j) の間に挟まれる領域を備え、層112X2 (i, j) は中間層106X (i, j) および層111X2 (i, j) の間に挟まれる領域を備え、層113X2 (i, j) は電極552X (i, j) および層111X2 (i, j) の間に挟まれる領域を備える。

[0191]

例えば、発光層、正孔輸送層、電子輸送層、キャリアブロック層、などの機能層から選択した層を、ユニット103X2 (i, j) に用いることができる。また、正孔注入層、電子注入層、励起子ブロック層および電荷発生層などの機能層から選択した層を、ユニット103X2 (i, j) に用いることができる。

[0192]

なお、ユニット103X (i, j) に用いることができる構成を、ユニット103X2 (i, j) に用いることができる。

[0193]

例えば、ユニット103X (i, j) に採用する構成と同一の構成を、ユニット103X2 (i, j) に用いることができる。また、ユニット103X (i, j) の一部の厚さを変えた構成を、ユニット103X2 (i, j) に用いることができる。これにより、反射性を備える電極等から層111X2 (i, j) までの距離を調節することができる。また、電極等が反射する光と、層111X2 (i, j) が射出する光との干渉現象を利用して、振幅を強め合うことができる。また、微小共振器構造 (マイクロキャビティ) を構成することができる。

[0194]

《ユニット103X2 (i, j) の構成例2》

例えば、ユニット103X (i, j) に採用する構成とは異なるが、ユニット103X (i, j) が射出する光ELXと同じ色相の光を射出する構成を、ユニット103X2 (i, j) に用いることができる。

[0195]

具体的には、層111X (i, j) に採用する構成とは異なる構成を、層111X2 (i, j) に用いることができる。例えば、一方に蛍光発光物質を用い、他方にりん光発光物質を用いることができる。

[0196]

また、具体的には、層112X (i, j) に採用する構成とは異なる構成を、層112X2 (i, j) に用いることができる。

[0197]

また、具体的には、層113X (i, j) に採用する構成とは異なる構成を、層113X2 (i, j) に用いることができる。

[0198]

《ユニット103X2 (i, j) の構成例3》

例えば、ユニット103X(i, j)が射出する光ELXとは異なる色相の光を射出する構成を、ユニット103X2(i, j)に用いることができる。

[0199]

具体的には、黄色の光を射出するユニット103X(i, j)と、青色の光を射出するユニット103X2(i, j)を用いることができる。または、赤色の光および緑色の光を射出するユニット103X(i, j)と、青色の光を射出するユニット103X2(i, j)を用いることができる。これにより、所望の色を射出する発光デバイスを提供することができる。例えば、白色の光を射出する発光デバイスを提供することができる。

[0200]

<発光デバイス550X(i, j)の構成例2>

また、発光デバイス550X(i, j)は、電極551X(i, j)と、電極552X(i, j)と、ユニット103X(i, j)と、ユニット103X2(i, j)と、中間層106X(i, j)と、層105X2(i, j)を有する。

[0201]

層105X2(i, j)は、ユニット103X(i, j)および中間層106X(i, j)の間に挟まれる領域を備える。

[0202]

《層105X2(i, j)の構成例》

例えば、電子注入性を有する材料を、層105X2(i, j)に用いることができる。また、層105X2(i, j)を電子注入層とすることができる。

[0203]

また、層105X2(i, j)は不対電子を含み、当該不対電子は、電子スピン共鳴装置(ESR)を用いて、 $1 \times 10^{16} \text{ spins/cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{18} \text{ spins/cm}^3$ 以下のスピン密度で観測することができる。なお、当該不対電子は、2.003以上2.004以下の範囲にg値を備える。

[0204]

また、当該不対電子は、電子スピン共鳴装置(ESR)を用いて、大気中において、24時間経過後に、初期の50%以上のスピン密度で観測することができる。なお、例えば、製造された発光デバイスの封止構造を破壊してからの時間を、経過時間とすることができる。

[0205]

これにより、また、中間層106X(i, j)から層105X2(i, j)に電子を注入する場合に、両者の間にある障壁を低減することができる。また、層105X2(i, j)を形成したのちに適用可能な加工工程の自由度を高めることができる。また、例えば、熱処理工程に対する耐性を高めることができる。また、例えば、薬液処理工程に対する耐性を高めることができる。また、例えば、中間層106X(i, j)を層105X2(i, j)の上に形成したのちに、フォトリソグラフィ法を用いて、中間層106X(i, j)および層105X2(i, j)を、所定の形状に加工することができる。また、例えば、ユニット103X2(i, j)を形成したのちに、フォトリソグラフィ法を用いて、ユニット103X2(i, j)、中間層106X(i, j)、層105X2(i, j)およびユニット103X2(i, j)を、所定の形状に加工することができる。その結果、利便性、有用性または信頼性に優れた新規な表示装置を提供することができる。

[0206]

例えば、電子輸送性を有する有機化合物およびドナー性を有する無機化合物を含む混合材料を、層105X2(i, j)に用いることができる。

[0207]

[電子輸送性を有する有機化合物の構成例1]

非共有電子対を備える有機化合物を、電子輸送性を有する有機化合物に用いることができる。当該有機化合物は、ドナー性を有する無機化合物と相互に作用し、半占有軌道を形成する。

[0208]

例えば、4,7-ジフェニルー1,10-フェナントロリン(略称:BPhe n)、2,9-ビス(ナフタレン-2-イル)-4,7-ジフェニルー1,10-フェナントロリン(略称:NBPh e n)、ジキノキサリノ[2,3-a:2',3'-c]フェナジン(略称:HATNA)、2,4,6-トリス[3'-(ピリジン-3-イル)ビフェニルー3-イル]-1,3,5-トリアジン(略称:TmPPPyTz)等を、非共有電子対を備える有機化合物に用いることができる。なお、NBPh e nはBPhe nと比較して、高いガラス転移温度(Tg)を備え、耐熱性に優れる。

[0209]

[電子輸送性を有する有機化合物の構成例2]

また、電子不足型複素芳香環を有する有機化合物を、層105X2(i, j)に用いることができる。具体的には、ピリジン環、ジアジン環(ピリミジン環、ピラジン環、ピリダジン環)、トリアジン環の少なくとも一つを有する化合物を用いることができる。

[0210]

また、最低空軌道(LUMO)準位を、-3.6eV以上-2.3eV以下の範囲に備える有機化合物を、層105X2(i, j)に用いることができる。なお、一般にサイクリックボルタンメトリ(CV)、光電子分光法、光吸収分光法、逆光電子分光法等により、有機化合物のHOMO準位及びLUMO準位を見積もることができる。

[0211]

[無機化合物の構成例1]

金属元素および酸素を含む無機化合物を、ドナー性を有する無機化合物に用いることができる。例えば、アルカリ金属および酸素を含む無機化合物を用いることができる。また、アルカリ土類金属および酸素を含む無機化合物を用いることができる。特に、Liおよび酸素を含む無機化合物を好適に用いることができる。

[0212]

これにより、発光デバイスの駆動電圧を抑制することができる。また、表示装置の消費電力を抑制することができる。その結果、利便性、有用性または信頼性に優れた新規な表示装置を提供することができる。

[0213]

<発光デバイス550X(i, j)の構成例3>

発光デバイス550X(i, j)は、電極551X(i, j)と、電極552X(i, j)と、ユニット103X(i, j)と、層104X(i, j)と、を有する。

[0214]

層104X(i, j)は、電極551X(i, j)およびユニット103X(i, j)の間に挟ま

れる領域を備える。

[0215]

《電極551X(i, j)の構成例》

例えば、導電性材料を電極551X(i, j)に用いることができる。具体的には、金属、合金または導電性化合物を含む膜を、単層または積層で電極551X(i, j)に用いることができる。

[0216]

例えば、効率よく光を反射する膜を電極551X(i, j)に用いることができる。具体的には、銀および銅等を含む合金、銀およびパラジウム等を含む合金またはアルミニウム等の金属膜を電極551X(i, j)に用いることができる。

[0217]

また、例えば、光の一部を透過し、光の他の一部を反射する金属膜を電極551X(i, j)に用いることができる。これにより、微小共振器構造(マイクロキャビティ)を発光デバイス550X(i, j)に設けることができる。または、所定の波長の光を他の光より効率よく取り出すことができる。または、スペクトルの半値幅が狭い光を取り出すことができる。または、鮮やかな色の光を取り出すことができる。

[0218]

また、例えば、可視光について透光性を有する膜を、電極551X(i, j)に用いることができる。具体的には、光が透過する程度に薄い金属の膜、合金の膜または導電性酸化物の膜などを、単層または積層で、電極551X(i, j)に用いることができる。

[0219]

特に、4.0eV以上の仕事関数を備える材料を電極551X(i, j)に好適に用いることができる。

[0220]

例えば、インジウムを含む導電性酸化物を用いることができる。具体的には、酸化インジウム、酸化インジウム-酸化スズ(略称: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(略称:ITSO)、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(略称:IWZO)等を用いることができる。

[0221]

また、例えば、亜鉛を含む導電性酸化物を用いることができる。具体的には、酸化亜鉛、ガリウムを添加した酸化亜鉛、アルミニウムを添加した酸化亜鉛などを用いることができる。

[0222]

また、例えば、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)等を用いることができる。または、グラフェンを用いることができる。

[0223]

《層104X(i, j)の構成例》

例えば、正孔注入性を有する材料を、層104X(i, j)に用いることができる。また、層104X(i, j)を正孔注入層とすることができる。

[0224]

具体的には、アクセプタ性を有する物質を、層104X(i, j)に用いることができる。または、複数種の物質を含む複合材料を、層104X(i, j)に用いることができる。これにより、正孔を、例えば、電極551X(i, j)から注入しやすくすることができる。または、発光デバイスの駆動電圧を小さくすることができる。

[0225]

[アクセプタ性を有する物質]

例えば、層106X2(i, j)に用いることができるアクセプタ性を有する物質を、層104X(i, j)に用いることができる。

[0226]

[複合材料の構成例1]

また、例えば、アクセプタ性を有する物質と正孔輸送性を有する材料を含む複合材料を、層104X(i, j)に用いることができる。具体的には、層106X2(i, j)に用いることができる複合材料を、層104X(i, j)に用いることができる。なお、当該複合材料を含む層106X2(i, j)は、 $1 \times 10^2 [\Omega \cdot \text{cm}]$ 以上 $1 \times 10^8 [\Omega \cdot \text{cm}]$ 以下の電気抵抗率を備える。

[0227]

これにより、ユニット103X(i, j)への正孔の注入を容易にすることができる。または、層112X(i, j)への正孔の注入を容易にすることができる。または、発光デバイスの信頼性を向上することができる。

[0228]

なお、アルカリ金属、アルカリ金属化合物またはアルカリ金属錯体と、電子輸送性を有する物質とを含む混合材料を、層113X(i, j)に用いる場合、当該複合材料を層104X(i, j)に好適に用いることができる。特に、 -5.7 eV 以上 -5.4 eV 以下の比較的深いHOMO準位HM1を備える正孔輸送性を有する材料と、アクセプタ性を有する物質との複合材料を、層104X(i, j)に用いることができる。これにより、発光デバイスの信頼性を向上することができる。

[0229]

また、当該混合材料を層113X(i, j)に用い、当該複合材料を層104X(i, j)に用い、さらに、上記比較的深いHOMO準位HM1に対して、 -0.2 eV 以上 0 eV 以下の範囲にHOMO準位HM2を有する物質を、層112X(i, j)に用いることができる。これにより、発光デバイスの信頼性をさらに向上することができる場合がある。

[0230]

[複合材料の構成例2]

例えば、アクセプタ性を有する物質と、正孔輸送性を有する材料と、アルカリ金属のフッ化物またはアルカリ土類金属のフッ化物とを、含む複合材料を、正孔注入性を有する材料に用いることができる。特に、原子比率において、フッ素原子が20%以上である複合材料を好適に用いることができる。これにより、層104X(i, j)の屈折率を低下することができる。または、発光デバイスの内部に屈折率の低い層を形成することができる。または、発光デバイスの外部量子効率を向上することができる。

[0231]

<発光デバイス550X(i, j)の構成例4>

また、発光デバイス550X(i, j)は、電極551X(i, j)と、電極552X(i, j)

と、ユニット103X2 (i, j) と、層105X (i, j) と、を有する。

[0232]

電極552X (i, j) は電極551X (i, j) と重なる領域を備え、ユニット103X2 (i, j) は、電極552X (i, j) および電極551X (i, j) の間に挟まれる領域を備える。また、層105X (i, j) は、電極552X (i, j) およびユニット103X2 (i, j) の間に挟まれる領域を備える。

[0233]

《電極552X (i, j) の構成例》

例えば、導電性材料を電極552X (i, j) に用いることができる。具体的には、金属、合金または導電性化合物を含む膜を、単層または積層で電極552X (i, j) に用いることができる。

[0234]

例えば、電極551X (i, j) に用いることができる材料を、電極552X (i, j) に用いることができる。特に、電極551X (i, j) より仕事関数が小さい材料を電極552X (i, j) に好適に用いることができる。具体的には、仕事関数が3.8 eV以下である材料が好ましい。

[0235]

例えば、元素周期表の第1族に属する元素、元素周期表の第2族に属する元素、希土類金属およびこれらを含む合金を、電極552X (i, j) に用いることができる。

[0236]

具体的には、リチウム (Li)、セシウム (Cs) 等、マグネシウム (Mg)、カルシウム (Ca)、ストロンチウム (Sr) 等、ユウロピウム (Eu)、イッテルビウム (Yb) 等およびこれらを含む合金 (MgAg, AlLi) を、電極552X (i, j) に用いることができる。

[0237]

《層105X (i, j) の構成例》

例えば、電子注入性を有する材料を、層105X (i, j) に用いることができる。また、層105X (i, j) を電子注入層とすることができる。

[0238]

具体的には、ドナー性を有する物質を、層105X (i, j) に用いることができる。または、ドナー性を有する物質と電子輸送性を有する材料を複合した材料を、層105X (i, j) に用いることができる。または、エレクトライドを、層105X (i, j) に用いることができる。これにより、電子を、例えば、電極552X (i, j) から注入しやすくすることができる。または、仕事関数が小さい材料だけでなく、仕事関数の大きい材料を電極552X (i, j) に用いることができる。または、仕事関数に依らず、広い範囲の材料から、電極552X (i, j) に用いる材料を選ぶことができる。具体的には、Al、Ag、ITO、ケイ素または酸化ケイ素を含有した酸化インジウム-酸化スズなどを、電極552X (i, j) に用いることができる。または、発光デバイスの駆動電圧を小さくすることができる。

[0239]

[ドナー性を有する物質]

例えば、アルカリ金属、アルカリ土類金属、希土類金属またはこれらの化合物（酸化物、ハロゲン化合物、炭酸塩等）を、ドナー性を有する物質に用いることができる。または、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、ドナー性を有す

る物質に用いることもできる。

[0240]

アルカリ金属化合物（酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩を含む）としては、酸化リチウム、フッ化リチウム（LiF）、フッ化セシウム（CsF）、炭酸リチウム、炭酸セシウム、8-ヒドロキシキノリナトリチウム（略称：Li_q）、等を用いることができる。

[0241]

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）としては、フッ化カルシウム（CaF₂）、等を用いることができる。

[0242]

[複合材料の構成例1]

また、複数種の物質を複合した材料を、電子注入性を有する材料に用いることができる。例えば、ドナー性を有する物質と電子輸送性を有する材料を、複合材料に用いることができる。

[0243]

[電子輸送性を有する材料]

例えば、金属錯体または π 電子不足型複素芳香環骨格を有する有機化合物を、電子輸送性を有する材料に用いることができる。

[0244]

具体的には、ユニット103X(i, j)に用いることができる電子輸送性を有する材料を、複合材料に用いることができる。

[0245]

[複合材料の構成例2]

また、微結晶状態のアルカリ金属のフッ化物と電子輸送性を有する材料を、複合材料に用いることができる。または、微結晶状態のアルカリ土類金属のフッ化物と電子輸送性を有する材料を、複合材料に用いることができる。特に、アルカリ金属のフッ化物またはアルカリ土類金属のフッ化物を50wt%以上含む複合材料を好適に用いることができる。または、ピピリジン骨格を有する有機化合物を含む複合材料を好適に用いることができる。これにより、層105の屈折率を低下することができる。または、発光デバイスの外部量子効率を向上することができる。

[0246]

[複合材料の構成例3]

例えば、非共有電子対を備える第1の有機化合物および第1の金属を含む複合材料を、層105X(i, j)に用いることができる。また、第1の有機化合物の電子数と第1の金属の電子数の合計が奇数であると好ましい。また、第1の有機化合物1モルに対する第1の金属のモル比率は、好ましくは0.1以上10以下、より好ましくは0.2以上2以下、さらに好ましくは0.2以上0.8以下である。

[0247]

これにより、非共有電子対を備える第1の有機化合物は、第1の金属と相互に作用し、半占有軌道(SOMO: Singly Occupied Molecular Orbital)を形成することができる。また、電極552X(i, j)から層105X(i, j)に電子を注入する場合に、両者の間にある障壁を低減することができる。また、第1の金属は水または酸素との反応性が乏しいため、発光デバイスの耐湿性を向上することができる。

[0248]

また、電子スピン共鳴法 (ESR: Electron Spin Resonance) を用いて測定したスピン密度が、好ましくは 1×10^{16} spins/cm³ 以上、より好ましくは 5×10^{16} spins/cm³ 以上、さらに好ましくは 1×10^{17} spins/cm³ 以上である複合材料を、層 105X (i, j) に用いることができる。

[0249]

[非共有電子対を備える有機化合物]

例えば、電子輸送性を有する材料を、非共有電子対を備える有機化合物に用いることができる。例えば、電子不足型複素芳香環を有する化合物を用いることができる。具体的には、ピリジン環、ジアジン環 (ピリミジン環、ピラジン環、ピリダジン環)、トリアジン環の少なくとも一つを有する化合物を用いることができる。これにより、発光デバイスの駆動電圧を低減することができる。

[0250]

なお、非共有電子対を備える有機化合物の最低空軌道 (LUMO: Lowest Unoccupied Molecular Orbital) が、 -3.6 eV 以上 -2.3 eV 以下であると好ましい。また、一般にサイクリックボルタンメトリ (CV)、光電子分光法、光吸収分光法、逆光電子分光法等により、有機化合物の HOMO 準位及び LUMO 準位を見積もることができる。

[0251]

例えば、4,7-ジフェニルー1,10-フェナントロリン (略称: BPhen)、2,9-ビス (ナフタレン-2-イル)-4,7-ジフェニルー1,10-フェナントロリン (略称: NBPhen)、ジキノキサリノ [2,3-a:2',3'-c] フェナジン (略称: HATNA)、2,4,6-トリリス [3'-(ピリジン-3-イル) ビフェニルー3-イル]-1,3,5-トリアジン (略称: TmPPPyTz) 等を、非共有電子対を備える有機化合物に用いることができる。なお、NBPhen は BPhen と比較して、高いガラス転移温度 (T_g) を備え、耐熱性に優れる。

[0252]

また、例えば、銅フタロシアニンを、非共有電子対を備える有機化合物に用いることができる。なお、銅フタロシアニンの電子数は奇数である。

[0253]

[第1の金属]

例えば、非共有電子対を備える第1の有機化合物の電子数が偶数である場合、周期表における奇数の族である金属および第1の有機化合物の複合材料を、層 105X (i, j) に用いることができる。

[0254]

例えば、第7族の金属であるマンガン (Mn)、第9族の金属であるコバルト (Co)、第11族の金属である銅 (Cu)、銀 (Ag)、金 (Au)、第13族の金属であるアルミニウム (Al)、インジウム (In) は、周期表において奇数の族である。なお、第11族の元素は、第7族または第9族元素と比べて融点が低く、真空蒸着に好適である。特に、Ag は融点が低く好ましい。

[0255]

なお、電極 552X (i, j) および層 105X (i, j) に Ag を用いることにより、層 105X (i, j) および電極 552X (i, j) の密着性を高めることができる。

[0256]

また、非共有電子対を備える第1の有機化合物の電子数が奇数である場合、周期表における偶数の族である第1の金属および第1の有機化合物の複合材料を、層105X(i, j)に用いることができる。例えば、第8族の金属である鉄(Fe)は、周期表において偶数の族である。

[0257]

[エレクトライド]

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を、電子注入性を有する材料に用いることができる。

[0258]

なお、本実施の形態は、本明細書で示す他の実施の形態と適宜組み合わせることができる。

[0259]

(実施の形態2)

本実施の形態では、本発明の一態様の表示装置の構成について、図2乃至図5を参照しながら説明する。

[0260]

図2は本発明の一態様の表示装置の構成を説明する図である。図2Aは本発明の一態様の表示装置を説明する上面図であり、図2Bは表示装置の一部を説明する上面図である。

[0261]

図3は本発明の一態様の表示装置の画素を説明する回路図である。

[0262]

図4は本発明の一態様の表示装置の構成を説明する断面図である。図4Aは図2Aに示す切断線a1-a2、切断線a3-a4および一組の画素703(i, j)における断面を説明する図である。図4Bは、本発明の一態様の表示装置に用いることができるトランジスタを説明する断面図である。

[0263]

図5は本発明の一態様の表示装置の構成を説明する図である。図5Aは本発明の一態様の表示装置の一部を説明する斜視図であり、図5Bは図5Aに示す画素の切断線Y1-Y2、切断線Y3-Y4における断面図であり、図5Cは図5Aに示す画素の切断線X1-X2における断面図である。

[0264]

図6は、本発明の一態様の表示装置の一組の画素の構成を説明する断面図である。

[0265]

なお、本明細書において、1以上の整数を値にとる変数を符号に用いる場合がある。例えば、1以上の整数の値をとる変数pを含む(p)を、最大p個の構成要素のいずれかを特定する符号の一部に用いる場合がある。また、例えば、1以上の整数の値をとる変数mおよび変数nを含む(m, n)を、最大m×n個の構成要素のいずれかを特定する符号の一部に用いる場合がある。

[0266]

本明細書等において、メタルマスク、またはFMM(ファインメタルマスク、高精細なメタルマスク)を用いて作製されるデバイスをMM(メタルマスク)構造のデバイスと呼称する場合がある。また、本明細書等において、メタルマスク、またはFMMを用いることなく作製されるデバイスをMML(メタルマスクレス)構造のデバイスと呼称する場合がある。

[0267]

なお、本明細書等において、各色の発光デバイス(ここでは青(B)、緑(G)、及び赤(R))

で、発光層を作り分ける、または発光層を塗り分ける構造をSBS (Side By Side) 構造と呼ぶ場合がある。また、本明細書等において、白色光を発することのできる発光デバイスを白色発光デバイスと呼ぶ場合がある。なお、白色発光デバイスは、着色層 (たとえば、カラーフィルタ) と組み合わせることで、フルカラー表示の表示装置を実現することができる。

[0268]

また、発光デバイスは、シングル構造と、タンデム構造とに大別することができる。シングル構造のデバイスは、一对の電極間に1つの発光ユニットを有し、当該発光ユニットは、1以上の発光層を含む構成とすることが好ましい。白色発光を得るには、2以上の発光層の各々の発光が補色の関係となるような発光層を選択すればよい。例えば、第1の発光層の発光色と第2の発光層の発光色を補色の関係になるようにすることで、発光デバイス全体として白色発光する構成を得ることができる。また、発光層を3つ以上有する発光デバイスの場合も同様である。

[0269]

タンデム構造のデバイスは、一对の電極間に2以上の複数の発光ユニットを有し、各発光ユニットは、1以上の発光層を含む構成とすることが好ましい。白色発光を得るには、複数の発光ユニットの発光層からの光を合わせて白色発光が得られる構成とすればよい。なお、白色発光が得られる構成については、シングル構造の構成と同様である。なお、タンデム構造のデバイスにおいて、複数の発光ユニットの間には、電荷発生層などの中間層を設けると好適である。

[0270]

また、上述の白色発光デバイス (シングル構造またはタンデム構造) と、SBS構造の発光デバイスと、を比較した場合、SBS構造の発光デバイスは、白色発光デバイスよりも消費電力を低くすることができる。消費電力を低く抑えたい場合には、SBS構造の発光デバイスを用いると好適である。一方で、白色発光デバイスは、製造プロセスがSBS構造の発光デバイスよりも簡単であるため、製造コストを低くすることができる、又は製造歩留まりを高くすることができるため、好適である。

[0271]

<表示装置700の構成例1>

表示装置700は表示領域231を備え、表示領域231は一組の画素703 (i, j) を有する (図2A参照)。また、一組の画素703 (i, j) に隣接する画素一組の画素703 (i+1, j) を備える (図2B参照)。

[0272]

《表示領域231の構成例1》

例えば、表示領域231は、1インチあたり500個以上の一組の画素を備える。また、1インチあたり1000個以上、好ましくは5000個以上、より好ましくは10000個以上の一群の一組の画素を備える。これにより、例えば、ゴーグル型の表示装置に用いる場合、スクリーン・ドア効果を軽減することができる。

[0273]

《表示領域231の構成例2》

表示領域231は複数の画素を備える。表示領域231は、例えば、7600個以上の画素を行方向に備え、4300個以上の画素を列方向に備える。具体的には、7680個の画素を行方向に備え、4320個の画素を列方向に備える。これにより、精細な画像を表示することができる。

[0274]

《画素703(i, j)の構成例1》

複数の画素を画素703(i, j)に用いることができる(図2B参照)。例えば、色相が互いに異なる色を表示する複数の画素を用いることができる。なお、複数の画素のそれぞれを副画素と言い換えることができる。または、複数の副画素を一組にして、画素と言い換えることができる。

[0275]

これにより、当該複数の画素が表示する色を加法混色または減法混色することができる。または、個々の画素では表示することができない色相の色を、表示することができる。

[0276]

具体的には、青色を表示する画素702B(i, j)、緑色を表示する画素702G(i, j)および赤色を表示する画素702R(i, j)を画素703(i, j)に用いることができる。また、画素702B(i, j)、画素702G(i, j)および画素702R(i, j)のそれぞれを副画素と言い換えることができる。

[0277]

また、例えば、白色等を表示する画素を上記の一組に加えて、画素703(i, j)に用いることができる。また、シアンを表示する画素、マゼンタを表示する画素およびイエローを表示する画素を、画素703(i, j)に用いることができる。

[0278]

また、例えば、赤外線を射出する画素を上記の一組に加えて、画素703(i, j)に用いることができる。具体的には、650nm以上1000nm以下の波長を備える光を含む光を射出する画素を、画素703(i, j)に用いることができる。

[0279]

<表示装置700の構成例2>

表示装置700は、発光デバイス550G(i, j)および発光デバイス550B(i, j)を備える(図4A参照)。また、表示装置700は、基材510、機能層520、絶縁膜705および基材770を備える。

[0280]

発光デバイス550G(i, j)および発光デバイス550B(i, j)は、基材770および機能層520の間に挟まれる。

[0281]

機能層520は、基材770および基材510の間に挟まれる。また、絶縁膜705は機能層520および基材770の間に挟まれ、絶縁膜705は機能層520および基材770を貼り合わせる機能を備える。

[0282]

機能層520は、画素回路530G(i, j)および画素回路530B(i, j)を含む。画素回路530G(i, j)は、発光デバイス550G(i, j)と開口部591Gを介して電氣的に接続され、画素回路530B(i, j)は、発光デバイス550B(i, j)と開口部591Bを介して電氣的に接続される。

[0283]

なお、表示装置は、基材770を通して情報を表示する(図4A参照)。換言すれば、発光デバイ

ス550G (i, j) は光を機能層520が配置されていない方向に向けて射出する。また、発光デバイス550G (i, j) をトップエミッション型の発光デバイスとすることができる。

[0284]

基材510は、駆動回路GDおよび端子519Bを備える。また、図示しないが駆動回路SDを備える。

[0285]

《駆動回路GDの構成例》

駆動回路GDは、第1の選択信号および第2の選択信号を供給する機能を備える。例えば、駆動回路GDは導電膜G1 (i) と電氣的に接続され、第1の選択信号を供給し、導電膜G2 (i) と電氣的に接続され、第2の選択信号を供給する。

[0286]

《駆動回路SDの構成例》

駆動回路SDは、画像信号および制御信号を供給する機能を備え、制御信号は第1のレベルおよび第2のレベルを含む。例えば、駆動回路SDは導電膜S1g (j) と電氣的に接続され、画像信号を供給し、導電膜S2g (j) と電氣的に接続され、制御信号を供給する。

[0287]

<表示装置700の構成例3>

表示装置700は導電膜G1 (i) と、導電膜G2 (i) と、導電膜S1g (j) と、導電膜S2g (j) と、導電膜ANOと、導電膜VCOM2と、を有する (図3参照)。

[0288]

なお、例えば、導電膜G1 (i) は第1の選択信号を供給され、導電膜G2 (i) は第2の選択信号を供給され、導電膜S1g (j) は画像信号を供給され、導電膜S2g (j) は制御信号を供給される。

[0289]

《画素703 (i, j) の構成例2》

一組の画素703 (i, j) は画素702G (i, j) を備える (図2B参照)。画素702G (i, j) は画素回路530G (i, j) および発光デバイス550G (i, j) を備える (図3参照)。

[0290]

《画素回路530G (i, j) の構成例1》

画素回路530G (i, j) は第1の選択信号を供給され、画素回路530G (i, j) は、第1の選択信号に基づいて、画像信号を取得する。例えば、導電膜G1 (i) を用いて、第1の選択信号を供給することができる (図3参照)。または、導電膜S1g (j) を用いて画像信号を供給することができる。なお、第1の選択信号を供給し、画像信号を画素回路530G (i, j) に取得させる動作を「書き込み」ということができる。

[0291]

《画素回路530G (i, j) の構成例2》

画素回路530G (i, j) は、スイッチSW21、スイッチSW22、トランジスタM21、容量C21およびノードN21を備える (図3参照)。また、画素回路530G (i, j) はノードN22、容量C22およびスイッチSW23を備える。

[0292]

トランジスタM21は、ノードN21と電氣的に接続されるゲート電極と、発光デバイス550G(i, j)と電氣的に接続される第1の電極と、導電膜ANOと電氣的に接続される第2の電極と、を備える。

[0293]

スイッチSW21は、ノードN21と電氣的に接続される第1の端子と、導電膜S1g(j)と電氣的に接続される第2の端子と、導電膜G1(i)の電位に基づいて、導通状態または非導通状態を制御する機能を有するゲート電極と、を備える。

[0294]

スイッチSW22は、導電膜S2g(j)と電氣的に接続される第1の端子と、導電膜G2(i)の電位に基づいて、導通状態または非導通状態を制御する機能を有するゲート電極と、を備える。

[0295]

容量C21は、ノードN21と電氣的に接続される導電膜と、スイッチSW22の第2の電極と電氣的に接続される導電膜を備える。

[0296]

これにより、画像信号をノードN21に格納することができる。または、ノードN21の電位を、スイッチSW22を用いて、変更することができる。または、発光デバイス550G(i, j)が射出する光の強度を、ノードN21の電位を用いて、制御することができる。

[0297]

《トランジスタM21の構成例》

ボトムゲート型のトランジスタまたはトップゲート型のトランジスタなど、機能層520に用いることができる。具体的には、トランジスタをスイッチに用いることができる。

[0298]

トランジスタは、半導体膜508、導電膜504、導電膜512Aおよび導電膜512Bを備える(図4B参照)。トランジスタは、例えば、絶縁膜501C上に形成される。

[0299]

半導体膜508は、導電膜512Aと電氣的に接続される領域508A、導電膜512Bと電氣的に接続される領域508Bを備える。半導体膜508は、領域508Aおよび領域508Bの間に領域508Cを備える。

[0300]

導電膜504は領域508Cと重なる領域を備え、導電膜504はゲート電極の機能を備える。

[0301]

絶縁膜506は、半導体膜508および導電膜504の間に挟まれる領域を備える。絶縁膜506はゲート絶縁膜の機能を備える。

[0302]

導電膜512Aはソース電極の機能またはドレイン電極の機能の一方を備え、導電膜512Bはソース電極の機能またはドレイン電極の機能の他方を備える。

[0303]

また、導電膜524をトランジスタに用いることができる。導電膜524は、導電膜504との間に半導体膜508を挟む領域を備える。導電膜524は、第2のゲート電極の機能を備える。絶縁

膜501Dは半導体膜508および導電膜524の間に挟まれ、第2のゲート絶縁膜の機能を備える。

[0304]

なお、画素回路のトランジスタに用いる半導体膜を形成する工程において、駆動回路のトランジスタに用いる半導体膜を形成することができる。例えば、画素回路のトランジスタに用いる半導体膜と同じ組成の半導体膜を、駆動回路に用いることができる。

[0305]

《半導体膜508の構成例1》

例えば、14族の元素を含む半導体を半導体膜508に用いることができる。具体的には、シリコンを含む半導体を半導体膜508に用いることができる。

[0306]

[水素化アモルファスシリコン]

例えば、水素化アモルファスシリコンを半導体膜508に用いることができる。または、微結晶シリコンなどを半導体膜508に用いることができる。これにより、例えば、ポリシリコンを半導体膜508に用いる機能パネルより、表示ムラが少ない機能パネルを提供することができる。または、機能パネルの大型化が容易である。

[0307]

[ポリシリコン]

例えば、ポリシリコンを半導体膜508に用いることができる。これにより、例えば、水素化アモルファスシリコンを半導体膜508に用いるトランジスタより、トランジスタの電界効果移動度を高くすることができる。または、例えば、水素化アモルファスシリコンを半導体膜508に用いるトランジスタより、駆動能力を高めることができる。または、例えば、水素化アモルファスシリコンを半導体膜508に用いるトランジスタより、画素の開口率を向上することができる。

[0308]

または、例えば、水素化アモルファスシリコンを半導体膜508に用いるトランジスタより、トランジスタの信頼性を高めることができる。

[0309]

または、トランジスタの作製に要する温度を、例えば、単結晶シリコンを用いるトランジスタより、低くすることができる。

[0310]

または、駆動回路のトランジスタに用いる半導体膜を、画素回路のトランジスタに用いる半導体膜と同一の工程で形成することができる。または、画素回路を形成する基板と同一の基板上に駆動回路を形成することができる。または、電子機器を構成する部品数を低減することができる。

[0311]

[単結晶シリコン]

例えば、単結晶シリコンを半導体膜508に用いることができる。これにより、例えば、水素化アモルファスシリコンを半導体膜508に用いる機能パネルより、精細度を高めることができる。または、例えば、ポリシリコンを半導体膜508に用いる機能パネルより、表示ムラが少ない機能パネルを提供することができる。または、例えば、スマートグラスまたはヘッドマウントディスプレイを提供することができる。

[0312]

《半導体膜508の構成例2》

例えば、金属酸化物を半導体膜508に用いることができる。これにより、例えばシリコンを半導体膜に用いたトランジスタを利用する画素回路と比較して、画素回路が画像信号を保持することができる時間を長くすることができる。具体的には、フリッカーの発生を抑制しながら、選択信号を30Hz未満、好ましくは1Hz未満、より好ましくは一分に一回未満の頻度で供給することができる。その結果、情報処理装置の使用者に蓄積する疲労を低減することができる。また、駆動に伴う消費電力を低減することができる。

[0313]

例えば、酸化物半導体を用いるトランジスタを利用することができる。具体的には、インジウムを含む酸化物半導体、インジウムとガリウムと亜鉛を含む酸化物半導体またはインジウムとガリウムと亜鉛と錫とを含む酸化物半導体を半導体膜に用いることができる。

[0314]

一例を挙げれば、オフ状態におけるリーク電流が、半導体膜にシリコンを用いたトランジスタより小さいトランジスタを用いることができる。具体的には、酸化物半導体を半導体膜に用いたトランジスタをスイッチ等に利用することができる。これにより、シリコンを用いたトランジスタをスイッチに利用する回路より長い時間、フローティングノードの電位を保持することができる。

[0315]

《半導体膜508の構成例3》

例えば、化合物半導体をトランジスタの半導体に用いることができる。具体的には、ガリウム・ヒ素を含む半導体を用いることができる。

[0316]

例えば、有機半導体をトランジスタの半導体に用いることができる。具体的には、ポリアセン類またはグラフェンを含む有機半導体を半導体膜に用いることができる。

[0317]

《発光デバイス550G(i, j)の構成例1》

発光デバイス550G(i, j)は画素回路530G(i, j)と電氣的に接続される(図3参照)。なお、発光デバイス550G(i, j)は、ノードN21の電位に基づいて動作する。

[0318]

発光デバイス550G(i, j)は、電極551G(i, j)と、電極552G(i, j)と、を備える。電極551G(i, j)は画素回路530G(i, j)と電氣的に接続され、電極552G(i, j)は導電膜VCOM2と電氣的に接続される。

[0319]

例えば、有機エレクトロルミネッセンス素子、無機エレクトロルミネッセンス素子、発光ダイオードまたはQDLED(Quantum Dot LED)等を、発光デバイス550G(i, j)に用いることができる。

[0320]

<表示装置700の構成例4>

本実施の形態で説明する表示装置700は、一組の画素703(i, j)を有する(図5A参照)。

[0321]

《一組の画素703(i, j)の構成例》

一組の画素703(i, j)は、画素702G(i, j)、画素702B(i, j)および画素702R(i, j)を備える。

[0322]

画素702G(i, j)は発光デバイス550G(i, j)を備え、画素702B(i, j)は発光デバイス550B(i, j)を備え、画素702R(i, j)は発光デバイス550R(i, j)を備える。

[0323]

なお、例えば、切断線X1-X2方向に2.8μmピッチで発光デバイスを配置することができる。また、切断線Y3-Y4方向に8.4μmピッチで発光デバイスを配置することができる。また、発光デバイス間に0.55μmの間隙を設けることができる。これにより、表示装置の精細度を高くすることができる。また、開口率を高くすることができる。

[0324]

《発光デバイス550G(i, j)の構成例2》

発光デバイス550G(i, j)は、電極551G(i, j)、電極552G(i, j)、ユニット103G(i, j)、ユニット103G2(i, j)、中間層106G(i, j)、層105G2(i, j)および層104G(i, j)を備える(図5B参照)。

[0325]

導電膜552は電極552G(i, j)を含み、導電膜552は導電膜VCOM2と電氣的に接続される。

[0326]

《発光デバイス550B(i, j)の構成例1》

発光デバイス550B(i, j)は、発光デバイス550G(i, j)との間に絶縁膜573を備える(図5C参照)。

[0327]

《絶縁膜573の構成例1》

例えば、絶縁性の無機材料、絶縁性の有機材料または無機材料と有機材料を含む絶縁性の複合材料を、絶縁膜573に用いることができる。

[0328]

具体的には、無機酸化物膜、無機窒化物膜または無機酸化窒化物膜等またはこれらから選ばれた複数を積層した積層材料を、絶縁膜573に用いることができる。

[0329]

例えば、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜、酸化アルミニウム膜等またはこれらから選ばれた複数を積層した積層材料を含む膜を、絶縁膜573に用いることができる。なお、窒化シリコン膜は緻密な膜であり、不純物の拡散を抑制する機能に優れる。

[0330]

例えば、ポリエステル、ポリオレフィン、ポリアミド、ポリイミド、ポリカーボネート、ポリシロキサン若しくはアクリル樹脂等またはこれらから選択された複数の樹脂の積層材料もしくは複合材料などを絶縁膜573に用いることができる。

[0331]

《絶縁膜573の構成例2》

絶縁膜573は、絶縁膜573(1)および絶縁膜573(2)を備える。

[0332]

例えば、絶縁性の無機材料を絶縁膜573(1)に用いることができる。具体的には、酸化アルミニウムを絶縁膜573(1)に用いることができる。例えば、化学気相成長法または原子層堆積法(ALD: Atomic Layer Deposition)などを用いて形成した緻密な膜を絶縁膜573(1)に用いることができる。

[0333]

また、例えば、絶縁性の有機材料を絶縁膜573(2)に用いることができる。具体的には、ポリイミドまたはアクリル樹脂を絶縁膜573(2)に用いることができる。また、感光性を有する材料を絶縁膜573(2)に用いることができる。

[0334]

《発光デバイス550R(i, j)の構成例1》

また、発光デバイス550R(i, j)は、発光デバイス550G(i, j)との間に絶縁膜573を備える。

[0335]

<表示装置700の構成例5>

表示装置700は、発光デバイス550G(i, j)と、発光デバイス550B(i, j)と、を有する(図5Cおよび図6参照)。また、発光デバイス550R(i, j)を有する。

[0336]

《発光デバイス550G(i, j)の構成例3》

発光デバイス550G(i, j)は、電極551G(i, j)、電極552G(i, j)、ユニット103G(i, j)、ユニット103G2(i, j)、中間層106G(i, j)および層105G2(i, j)を備える。なお、ユニット103G(i, j)およびユニット103G2(i, j)は、緑の色相の光を射出する構成を備える。

[0337]

例えば、実施の形態1において説明する発光デバイス550X(i, j)の構成を、発光デバイス550G(i, j)に適用することができる。具体的には、発光デバイス550X(i, j)説明に用いる符号の「X」を「G」に読み替えて、発光デバイス550G(i, j)の説明に援用することができる。

[0338]

《発光デバイス550B(i, j)の構成例2》

発光デバイス550B(i, j)は、電極551B(i, j)、電極552B(i, j)、ユニット103B(i, j)、ユニット103B2(i, j)、中間層106B(i, j)および層105B2(i, j)を備える。なお、ユニット103B(i, j)およびユニット103B2(i, j)は、青の色相の光を射出する構成を備える。

[0339]

例えば、実施の形態1において説明する発光デバイス550X(i, j)の構成を、発光デバイス550B(i, j)に適用することができる。具体的には、発光デバイス550X(i, j)説明に用いる符号の「X」を「B」に読み替えて、発光デバイス550B(i, j)の説明に援用する

ことができる。

[0340]

《発光デバイス550R(i, j)の構成例2》

発光デバイス550R(i, j)は、電極551R(i, j)、電極552R(i, j)、ユニット103R(i, j)、ユニット103R2(i, j)、中間層106R(i, j)および層105R2(i, j)を備える。なお、ユニット103R(i, j)およびユニット103R2(i, j)は、赤の色相の光を射出する構成を備える。

[0341]

例えば、実施の形態1において説明する発光デバイス550X(i, j)の構成を、発光デバイス550R(i, j)に適用することができる。具体的には、発光デバイス550X(i, j)説明に用いる符号の「X」を「R」に読み替えて、発光デバイス550R(i, j)の説明に援用することができる。

[0342]

《中間層106G(i, j)、中間層106B(i, j)、中間層106R(i, j)の構成例》

中間層106B(i, j)は、中間層106G(i, j)との間に間隙106GB(i, j)を備える(図6参照)。これにより、中間層106G(i, j)および中間層106B(i, j)の間に流れる電流を抑制することができる。また、発光デバイス550G(i, j)および発光デバイス550B(i, j)の間のクロストーク現象の発生を抑制することができる。

[0343]

また、中間層106R(i, j)は、中間層106G(i, j)との間に間隙106RG(i, j)を備える。これにより、中間層106R(i, j)および中間層106G(i, j)の間に流れる電流を抑制することができる。発光デバイス550R(i, j)および発光デバイス550G(i, j)の間のクロストーク現象の発生を抑制することができる。

[0344]

《層105G2(i, j)、層105B2(i, j)、層105R2(i, j)の構成例》

層105B2(i, j)は、層105G2(i, j)との間に間隙105GB2(i, j)を備える(図6参照)。

[0345]

また、層105R2(i, j)は、層105G2(i, j)との間に間隙105RG2(i, j)を備える。

[0346]

《層104G(i, j)、層104B(i, j)、層104R(i, j)の構成例》

層104B(i, j)は、層104G(i, j)との間に間隙104GB(i, j)を備える(図6参照)。これにより、層104G(i, j)および層104B(i, j)の間に流れる電流を抑制することができる。また、発光デバイス550G(i, j)および発光デバイス550B(i, j)の間のクロストーク現象の発生を抑制することができる。

[0347]

また、層104R(i, j)は、層104G(i, j)との間に間隙104RG(i, j)を備える。これにより、層104R(i, j)および層104G(i, j)の間に流れる電流を抑制することができる。また、発光デバイス550R(i, j)および発光デバイス550G(i, j)の

間のクロストーク現象の発生を抑制することができる。

[0348]

なお、本実施の形態は、本明細書で示す他の実施の形態と適宜組み合わせることができる。

[0349]

(実施の形態3)

本実施の形態では、本発明の一態様である表示装置及び表示システムについて、図7乃至図12を参照しながら説明する。

[0350]

図7は、本発明の一態様の表示装置の構成を説明するブロック図である。

[0351]

図8は、図7に示す表示部の構成を説明するブロック図である。

[0352]

図9は、本発明の一態様の表示装置の構成を説明するブロック図である。

[0353]

図10は、図9に示す画素の構成を説明するブロック図である。

[0354]

図11は、本発明の一態様の表示装置の構成を説明するブロック図である。

[0355]

図12Aは、補正方法にかかるフローチャートであり、図12Bは、補正方法を説明する模式図である。

[0356]

<表示装置の構成例1>

次いで、図7では、表示装置10が有する各構成を説明するためのブロック図を示す。表示装置は、駆動回路40、機能回路50、及び表示部60を有する。

[0357]

《駆動回路40の構成例1》

駆動回路40は、一例として、ゲートドライバ41及びソースドライバ42を有する。ゲートドライバ41は、画素回路62R、62G、62Bに信号を出力するための複数のゲート線GLを駆動する機能を有する。ソースドライバ42は、画素回路62R、62G、62Bに信号を出力するための複数のソース線SLを駆動する機能を有する。また駆動回路40は、画素回路62R、62G、62Bで表示を行うための電圧を、複数の配線を介して画素回路62R、62G、62Bに供給する。

[0358]

《機能回路50の構成例1》

機能回路50は、CPU51を有し、CPU51は、データの演算処理に用いることができる。また、CPU51は、CPUコア53を有する。CPUコア53は、演算処理に用いられるデータを一時的に保持するためのフリップフロップ80を有する。フリップフロップ80は、複数のスキャンフリップフロップ81を有し、各スキャンフリップフロップ81は、表示部60に設けられるバックアップ回路82に電気的に接続される。フリップフロップ80は、スキャンフリップフロップのデータ（バックアップデータ）をバックアップ回路82との間で入出力する。

[0359]

《表示部60》

図8、及び図7では、表示部60内におけるバックアップ回路82及び副画素である画素回路62R、62G、62Bの配置の構成例について説明する。

[0360]

図8では、表示部60において、複数の画素61がマトリクス状に配置された構成を図示している。画素61は、画素回路62R、62G、62Bの他、バックアップ回路82を有する。上述したように、バックアップ回路82、及び、画素回路62R、62G、62Bは共に、OSトランジスタで構成することができるため、同じ画素内に配置することができる。

[0361]

表示部60は、画素回路62R、62G、62B、バックアップ回路82が設けられた画素61を複数有する。バックアップ回路82は、図8で説明したように、必ずしも繰り返し単位である画素61内に配置する必要はない。表示部60の形状、画素回路62R、62G、62Bの形状等に応じて、自由に配置することが可能である。

[0362]

<表示装置の構成例2>

図9は、本発明の一態様の表示装置である表示装置10の構成例を模式的に示すブロック図である。表示装置10は、層20と、層30と、を有し、層30は層20の例えば上方に積層して設けることができる。層20と層30の間には、層間絶縁体、または異なる層の間の電氣的な接続を行うための導電体を設けることができる。

[0363]

《層20》

層20に設けられるトランジスタは、例えばチャンネル形成領域にシリコンを有するトランジスタ（Siトランジスタともいう。）とすることができ、例えばチャンネル形成領域に単結晶シリコンを有するトランジスタとすることができる。特に、層20に設けられるトランジスタとして、チャンネル形成領域に単結晶シリコンを有するトランジスタを用いると、当該トランジスタのオン電流を大きくすることができる。よって、層20が有する回路を高速に駆動させることができるため、好ましい。またSiトランジスタは、チャンネル長が3nm乃至10nmといった微細加工で形成することができるため、CPU、GPUなどのアクセラレータ、アプリケーションプロセッサなどが設けられた表示装置10とすることができる。

[0364]

層20には、駆動回路40、及び機能回路50が設けられる。層20のSiトランジスタは、当該トランジスタのオン電流を大きくすることができる。よって各回路は、高速に駆動させることができる。

[0365]

《駆動回路40の構成例2》

駆動回路40は、画素回路62R、62G、62Bを駆動するためのゲート線駆動回路、ソース線駆動回路等を有する。駆動回路40は、一例としては、表示部60の画素61を駆動するためのゲート線駆動回路、ソース線駆動回路を有する。駆動回路40を表示が設けられる層30とは異なる層20に配置する構成とすることで、層30における表示部が占める面積を大きくすることができ

る。また駆動回路40は、画像データ等のデータを表示装置10の外部から受信するためのインターフェースとしての機能を有するLVDS (Low Voltage Differential Signaling) 回路、あるいはD/A (Digital to Analog) 変換回路等を有していてもよい。層20のSiトランジスタは、当該トランジスタのオン電流を大きくすることができる。各回路の動作速度に応じて、Siトランジスタのチャンネル長あるいはチャンネル幅などを異ならせてもよい。

[0366]

《層30》

層30に設けられるトランジスタは、例えばOSトランジスタとすることができる。特に、OSトランジスタとして、チャンネル形成領域にインジウム、元素M (元素Mは、アルミニウム、ガリウム、イットリウム、またはズ)、亜鉛の少なくとも一を含む酸化物を有するトランジスタを用いることが好ましい。このようなOSトランジスタは、オフ電流が非常に低いという特性を有する。よって、特に表示部が有する画素回路に設けられるトランジスタとしてOSトランジスタを用いると、画素回路に書き込まれたアナログデータを長期間保持することができるため好ましい。

[0367]

層30には、複数の画素61が設けられた表示部60が設けられる。画素61は、赤、緑、青の発光が制御される画素回路62R、62G、62Bが設けられる。画素回路62R、62G、62Bは、画素61の副画素としての機能を有する。画素回路62R、62G、62Bは、OSトランジスタを有するため、画素回路に書き込まれたアナログデータを長期間保持することができる。また層30が有する画素61はそれぞれ、バックアップ回路82が設けられる。なおバックアップ回路は、記憶回路またはメモリ回路という場合がある。また、バックアップ回路は、スキャンフリップフロップのデータ (バックアップデータBD) を、フリップフロップ80との間で入出力する。

[0368]

《画素回路の構成例1》

図10A及び図10Bでは、画素回路62R、62G、62Bに適用可能な画素回路62の構成例、及び画素回路62に接続される発光素子70について示す。図10Aは各素子の接続を示す図、図10Bは、駆動回路40、画素回路62及び発光素子70の上下関係を模式的に示す図である。

[0369]

本明細書等において、素子という用語を「デバイス」と言い換えることができる場合がある。例えば、表示素子、発光素子、及び液晶素子は、例えば表示デバイス、発光デバイス、及び液晶デバイスと言い換えることができる。

[0370]

図10A及び図10Bに一例として示す画素回路62は、スイッチSW21、スイッチSW22、トランジスタM21、及び容量C21備える。スイッチSW21、スイッチSW22、トランジスタM21は、OSトランジスタで構成することができる。スイッチSW21、スイッチSW22、トランジスタM21の各OSトランジスタは、バックゲート電極を備えていることが好ましく、この場合、バックゲート電極にゲート電極と同じ信号を与える構成、バックゲート電極にゲート電極と異なる信号を与える構成とすることができる。

[0371]

トランジスタM21は、スイッチSW21と電氣的に接続されるゲート電極と、発光素子70と電

氣的に接続される第1の電極と、導電膜ANOと電氣的に接続される第2の電極と、を備える。導電膜ANOは、発光素子70に電流を供給するための電位を与えるための配線である。

[0372]

スイッチSW21は、トランジスタM21のゲート電極と電氣的に接続される第1の端子と、ソース線SLと電氣的に接続される第2の端子と、ゲート線GL1の電位に基づいて、導通状態または非導通状態を制御する機能を有するゲート電極と、を備える。

[0373]

スイッチSW22は、配線V0と電氣的に接続される第1の端子と、発光素子70と電氣的に接続される第2の端子と、ゲート線GL2の電位に基づいて、導通状態または非導通状態を制御する機能を有するゲート電極と、を備える。配線V0は、基準電位を与えるための配線、及び画素回路62を流れる電流を駆動回路40または機能回路50に出力するための配線である。

[0374]

容量C21は、トランジスタM21のゲート電極と電氣的に接続される導電膜と、スイッチSW22の第2の電極と電氣的に接続される導電膜を備える。

[0375]

発光素子70は、トランジスタM21の第1の電極に電氣的に接続される第1の電極と、導電膜VCOMに電氣的に接続される第2の電極と、を備える。導電膜VCOMは、発光素子70に電流を供給するための電位を与えるための配線である。

[0376]

これにより、トランジスタM21のゲート電極に与えられる画像信号に応じて発光素子70が射出する光の強度を制御することができる。またスイッチSW22を介して与えられる配線V0の基準電位によって発光素子70に流れる電流量を大きくすることができる。また配線V0を流れる電流量を外部回路でモニターすることで、発光素子に流れる電流量を見積もることができる。これにより、画素の欠陥等を検出することができる。

[0377]

《画素回路の構成例2》

なお図10Bに一例として示す構成では、画素回路62と、駆動回路40と、を電氣的に接続する配線を短くすることができるため、当該配線の配線抵抗を小さくすることができる。よって、データの書き込みを高速に行うことができるため、表示装置10を高速に駆動させることができる。これにより、表示装置10が有する画素61を多くしても十分なフレーム期間を確保することができるため、表示装置10の画素密度を高めることができる。また、表示装置10の画素密度を高めることにより、表示装置10により表示される画像の精細度を高めることができる。例えば、表示装置10の画素密度を、1000ppi以上とすることができ、または5000ppi以上とすることができ、または7000ppi以上とすることができる。よって、表示装置10は、例えばAR、またはVR用の表示装置とすることができ、HMD等、表示部と使用者の距離が近い電子機器に好適に適用することができる。

[0378]

図10Bにおいて、ゲート線GL1、ゲート線GL2、導電膜VCOM、配線V0、導電膜ANO、ソース線SLは、画素回路62下方の駆動回路40から配線を介して供給される図を示しているが、本発明の一態様はこれに限らない。例えば、駆動回路40の信号及び電圧を供給する配線を、表示

部60の外周部に引き回し、層30にマトリクス状に配置される各画素回路62と電氣的に接続する構成としてもよい。この場合、駆動回路40が有するゲートドライバ41を層30に設ける構成が有効である。つまりゲートドライバ41のトランジスタは、OSトランジスタとする構成が有効である。駆動回路40が有するソースドライバ42の機能の一部を層30に設ける構成が有効である。例えば、ソースドライバ42が出力する信号を各ソース線に振り分けるデマルチプレクサを層30に設ける構成が有効である。デマルチプレクサのトランジスタは、OSトランジスタとする構成が有効である。

[0379]

《バックアップ回路82》

バックアップ回路82は、例えば、OSトランジスタを有するメモリが好適である。OSトランジスタで構成されるバックアップ回路は、オフ電流が極めて小さいというOSトランジスタの特長によって、バックアップを行うデータに応じた電圧の低下を抑えることができること、データの保持に電力を殆んど消費しないこと、などの利点を有する。OSトランジスタを有するバックアップ回路82は、複数の画素61が配置される表示部60に設けることが可能である。図9では、各画素61にバックアップ回路82が設けられる様子を図示している。

[0380]

OSトランジスタで構成されるバックアップ回路82は、Siトランジスタを有する層20と積層して設けることができる。バックアップ回路82は、画素61内の副画素と同様にマトリクス状に配置してもよいし、複数の画素ごとに配置してもよい。つまり、バックアップ回路82は、画素61の配置による制約を受けることなく、層30内に配置することができる。そのため、表示部/回路レイアウトの自由度を高めるとともに、回路面積の増加を招くことなく、配置することができ、演算処理に必要なバックアップ回路82の記憶容量を増やすことができる。

[0381]

<表示装置の構成例3>

図11では、上記説明した表示装置10が有する各構成の変形例について示す。

[0382]

図11に示す表示装置10Aのブロック図は、図7の表示装置10における機能回路50にアクセラレータ52を追加した構成に相当する。

[0383]

アクセラレータ52は、人工ニューラルネットワークNNの積和演算処理の専用演算回路として機能する。アクセラレータ52を用いた演算では、表示データをアップコンバートするなどして、画像の輪郭を補正する処理などを行うことができる。なおアクセラレータ52による演算処理を行う間、CPU51をパワーゲーティング制御する構成とすることで低消費電力化を図ることができる。

[0384]

<表示システムの構成例>

また、本発明の一態様の表示装置は、画素回路と機能回路とを積層したとすることができるため、画面回路の下部に設けた機能回路を用いて、不良画素を検出することができる。この不良画素の情報を用いることで、不良画素による表示欠陥を補正し、正常な表示を行うことができる。

[0385]

以下で例示する補正方法の一部は、表示装置の外部に設けられた回路により実行されてもよい。ま

た、補正方法の一部は、表示装置 10 の機能回路 50 により実行されてもよい。

[0386]

以下では、より具体的な補正方法の例を示す。図 12A は、以下で説明する補正方法にかかるフローチャートである。

[0387]

まず、ステップ S1 にて補正動作を開始する。

[0388]

続いて、ステップ S2 にて、画素の電流を読み出す。例えば、画素と電氣的に接続されるモニター線に、電流を出力するように、各画素を駆動することができる。

[0389]

続いて、ステップ S3 にて、読み出した電流を電圧に変換する。このとき、後の処理でデジタル信号を扱う場合には、ステップ S3 にてデジタルデータに変換することができる。例えば、アナログ-デジタル変換回路 (ADC) を用いることで、アナログデータをデジタルデータに変換することができる。

[0390]

続いて、ステップ S4 にて、取得したデータに基づいて、各画素の画素パラメータを取得する。画素パラメータとしては、例えば駆動トランジスタのしきい値電圧、または電界効果移動度、発光素子の閾値電圧、所定の電圧における電流値などが挙げられる。

[0391]

続いて、ステップ S5 にて、各画素について、画素パラメータに基づいて異常であるか否かの判定を行う。例えば、画素パラメータの値が所定のしきい値を超えた (または下回った) 場合に、その画素が異常画素であると認定する。

[0392]

異常画素としては、入力されたデータ電位に対して著しく輝度が低い暗点欠陥、または、著しく輝度が高い輝点欠陥などがある。

[0393]

ステップ S5 において、異常画素のアドレスと、欠陥の種類を特定し、取得することができる。

[0394]

続いて、ステップ S6 において、補正処理を行う。

[0395]

補正処理の一例について図 12B を用いて説明する。図 12B には、3×3 個の画素を模式的に示している。ここで、中央の画素が、暗点欠陥である画素 61D であるとする。図 12B では、画素 61D が消灯し、その周囲の画素 61N が所定の輝度で点灯している様子を模式的に示している。

[0396]

暗点欠陥は、画素に入力するデータ電位を高める補正を行ったとしても、画素の輝度が正常な輝度に達する見込みのない欠陥である。そこで、図 12B に示すように、暗点欠陥である画素 61D の周囲の画素 61N に対して、輝度を高める補正を行う。これにより、暗点欠陥が発生した場合であっても、正常な画像を表示することができる。

[0397]

なお、輝点欠陥の場合には、周囲の画素の輝度を下げることで、輝点欠陥を目立たなくすることが

できる。

[0398]

特に、高い精細度（例えば1000ppi以上）の表示装置の場合には、画素一つ一つを分離して視認することは困難であるため、このような周囲の画素で異常画素を補うような補正方法を用いることは特に有効である。

[0399]

一方、暗点欠陥、輝点欠陥などの異常画素には、データ電位を入力しないように補正することが好ましい。

[0400]

このように、各画素について補正パラメータを設定することができる。補正パラメータを入力される画像データに適用することで、表示装置10に最適な画像を表示するための、補正画像データを生成することができる。

[0401]

また、異常画素及び異常画素の周囲の画素だけでなく、異常画素と判定されなかった画素についても、画素パラメータにばらつきが存在するため、画像を表示した際に、当該ばらつきに起因したムラが視認されてしまう場合がある。そこで、異常画素と判定されなかった画素については、画素パラメータのばらつきをキャンセル（平準化）するように、補正パラメータを設定することができる。例えば、一部または全ての画素についての画素パラメータの中央値または平均値などに基づいた基準値を設定し、所定の画素の画素パラメータについて、基準値からの差分をキャンセルするための補正值を、当該画素の補正パラメータとして設定することができる。

[0402]

また、異常画素の周囲の画素については、補正データとして、異常画素を補うための補正量と、画素パラメータのばらつきをキャンセルするための補正量の両方を考慮した補正データを設定することが好ましい。

[0403]

続いて、ステップS7にて、補正動作を終了する。

[0404]

以降は、上記補正動作にて取得した補正パラメータと、入力される画像データに基づいて、画像の表示を行うことができる。

[0405]

なお、補正動作の一として、ニューラルネットワークを用いてもよい。上述した表示補正システムにおいて人工ニューラルネットワークに基づく演算を行う場合、積和演算を繰り返し行う構成となる。アクセラレータ52を用いた演算では、上述した表示不良に起因する補正を行うことができる。なおアクセラレータ52による演算処理を行う間、CPU51をパワーゲーティング制御する構成とすることで低消費電力化を図ることができる。当該ニューラルネットワークとしては、例えば、機械学習によって取得された推論結果に基づき、補正パラメータを決定することができる。例えば、ディープニューラルネットワーク（DNN）、畳み込みニューラルネットワーク（CNN）、再帰型ニューラルネットワーク（RNN）、自己符号化器、深層ボルツマンマシン（DBM）、深層信念ネットワーク（DBN）などの人工ニューラルネットワークに基づく演算を実行することで見積もることができる。ニューラルネットワークを用いて補正パラメータを決定する場合、補正のため

の詳細なアルゴリズムを用いなくても、異常画素が目立たないように高精度の補正を行うことができる。

[0406]

以上が、補正方法についての説明である。

[0407]

なお表示補正システムによる画素に流れる電流を補正するための演算は、上述したCPU51において、演算途中のデータをバックアップデータとして保持し続けることができる。そのため、人工ニューラルネットワークに基づく演算といった演算量の膨大な演算処理を行う上で特に有効である。なおCPU51をアプリケーションプロセッサとして機能させることで、フレーム周波数を可変にする駆動、などを組み合わせて、表示不良の低減の他、低消費電力化を図ることも可能である。

[0408]

本実施の形態は、他の実施の形態の記載と適宜組み合わせることができる。

[0409]

(実施の形態4)

本実施の形態では、本発明の一態様である表示装置10の断面構成例について説明する。

[0410]

<表示装置の構成例1>

図13は、表示装置10の構成例を示す断面図である。表示装置10は、絶縁体421及び基材770を有し、絶縁体421と基材770はシール材712により貼り合わされている。画素回路には、OSトランジスタを用いることが好ましい。さらに、駆動回路の少なくとも一部を、OSトランジスタで構成してもよい。また、機能回路の少なくとも一部をOSトランジスタで構成してもよい。また、駆動回路の少なくとも一部を外付けとしてもよい。また、機能回路の少なくとも一部を外付けとしてもよい。

[0411]

《絶縁体421、絶縁体214、絶縁体216》

絶縁体421としては、ガラス基板、サファイア基板などの各種絶縁体基板を用いることができる。絶縁体421上には絶縁体214が設けられ、絶縁体214上に絶縁体216が設けられる。

[0412]

《絶縁体222、絶縁体224、絶縁体254、絶縁体280、絶縁体274、絶縁体281》

絶縁体216上に絶縁体222、絶縁体224、絶縁体254、絶縁体280、絶縁体274、及び絶縁体281が設けられる。

[0413]

絶縁体421、絶縁体214、絶縁体280、絶縁体274、及び絶縁体281は、層間膜としての機能を有し、それぞれの下方の凹凸形状を被覆する平坦化膜としての機能を有してもよい。

[0414]

《絶縁体361》

絶縁体281上に絶縁体361が設けられる。絶縁体361中に導電体317、及び導電体337が埋設されている。ここで、導電体337の上面の高さ、絶縁体361の上面の高さは同程度にできる。

[0415]

《絶縁体363》

導電体337上、及び絶縁体361上に絶縁体363が設けられる。絶縁体363中に導電体347、導電体353、導電体355、及び導電体357が埋設されている。ここで、導電体353、導電体355、及び導電体357の上面の高さと、絶縁体363の上面の高さは同程度にできる。

[0416]

絶縁体363中に導電体341、導電体343、及び導電体351が埋設されている。ここで、導電体351の上面の高さと、絶縁体363の上面の高さは同程度にできる。

[0417]

絶縁体361、及び絶縁体363は、層間膜としての機能を有し、それぞれの下方の凹凸形状を被覆する平坦化膜としての機能を有してもよい。例えば、絶縁体363の上面は、平坦性を高めるために化学機械研磨（CMP：Chemical Mechanical Polishing）法等を用いた平坦化処理により平坦化されていてもよい。

[0418]

《接続電極760》

導電体353上、導電体355上、導電体357上、及び絶縁体363上に接続電極760が設けられる。また、接続電極760と電氣的に接続されるように異方性導電体780が設けられ、異方性導電体780と電氣的に接続されるようにFPC（Flexible Printed Circuit）716が設けられる。FPC716によって、表示装置10の外部から、表示装置10に各種信号等が供給される。

[0419]

ここで、図13では接続電極760と導電体347を電氣的に接続する機能を有する導電体として、導電体353、導電体355、及び導電体357の3つを示しているが本発明の一態様はこれに限らない。接続電極760と導電体347を電氣的に接続する機能を有する導電体を1つとしてもよいし、2つとしてもよいし、4つ以上としてもよい。接続電極760と導電体347を電氣的に接続する機能を有する導電体を複数設けることで、接触抵抗を小さくすることができる。

[0420]

《トランジスタ750》

絶縁体214上には、トランジスタ750が設けられる。トランジスタ750は、実施の形態3に示す層30に設けられるトランジスタとすることができる。例えば、画素回路62に設けられるトランジスタとすることができる。トランジスタ750は、OSトランジスタを好適に用いることができる。OSトランジスタは、オフ電流が極めて小さいという特徴を有する。よって、画像データ等の保持時間を長くすることができるため、リフレッシュ動作の頻度を少なくできる。よって、表示装置10の消費電力を低減することができる。

[0421]

またトランジスタ750は、バックアップ回路82に設けられるトランジスタとすることができる。トランジスタ750は、OSトランジスタを好適に用いることができる。OSトランジスタは、オフ電流が極めて小さいという特徴を有する。よって、フリップフロップが有するデータを、電源電圧の共有が停止される期間においても保持し続けることができる。そのため、CPUのノーマリーオフ動作（電源電圧の間欠的な停止を行う動作）を図ることができる。よって、表示装置10の消費電力を低減することができる。

[0422]

絶縁体254中、絶縁体280中、絶縁体274中、及び絶縁体281中に導電体301a、及び導電体301bが埋設されている。導電体301aは、トランジスタ750のソースまたはドレインの一方と電氣的に接続され、導電体301bは、トランジスタ750のソースまたはドレインの他方と電氣的に接続される。ここで、導電体301a、及び導電体301bの上面の高さと、絶縁体281の上面の高さは同程度にできる。

[0423]

絶縁体361中に導電体311、導電体313、導電体331、容量790、導電体333、及び導電体335が埋設されている。導電体311及び導電体313はトランジスタ750と電氣的に接続され、配線としての機能を有する。導電体333及び導電体335は、容量790と電氣的に接続される。ここで、導電体331、導電体333、及び導電体335の上面の高さと、絶縁体361の上面の高さは同程度にできる。

[0424]

《容量790》

図13に示すように、容量790は下部電極321と、上部電極325と、を有する。また、下部電極321と上部電極325との間には、絶縁体323が設けられる。すなわち、容量790は、一对の電極間に誘電体として機能する絶縁体323が挟持された積層型の構造である。なお、図13では絶縁体281上に容量790を設ける例を示しているが、絶縁体281と異なる絶縁体上に、容量790を設けてもよい。

[0425]

図13において、導電体301a、導電体301b、及び導電体305が同一の層に形成される例を示している。また、導電体311、導電体313、導電体317、及び下部電極321が同一の層に形成される例を示している。また、導電体331、導電体333、導電体335、及び導電体337が同一の層に形成される例を示している。また、導電体341、導電体343、及び導電体347が同一の層に形成される例を示している。さらに、導電体351、導電体353、導電体355、及び導電体357が同一の層に形成される例を示している。複数の導電体を同一の層に形成することにより、表示装置10の作製工程を簡略にすることができるため、表示装置10の製造コストを削減することができる。なお、これらはそれぞれ異なる層に形成されてもよく、異なる種類の材料を有してもよい。

[0426]

《発光素子70》

図13に示す表示装置10は、発光素子70を有する。発光素子70は、導電体772、EL層786、及び導電体788を有する。EL層786は、有機化合物、または量子ドット等の無機化合物を有する。

[0427]

有機化合物に用いることのできる材料として、蛍光性材料または燐光性材料等が挙げられる。また、量子ドットに用いることのできる材料として、コロイド状量子ドット材料、合金型量子ドット材料、コア・シェル型量子ドット材料、コア型量子ドット材料等が挙げられる。

[0428]

なお、表示装置10の輝度としては、例えば、 $500\text{cd}/\text{m}^2$ 以上、好ましくは $1000\text{cd}/$

m^2 以上 $10000\text{ cd}/m^2$ 以下、さらに好ましくは $2000\text{ cd}/m^2$ 以上 $5000\text{ cd}/m^2$ 以下とすることができる。

[0429]

導電体772は、導電体351、導電体341、導電体331、導電体313、及び導電体301bを介して、トランジスタ750のソースまたはドレインの他方と電氣的に接続される。導電体772は絶縁体363上に形成され、画素電極としての機能を有する。

[0430]

導電体772には、可視光に対して透光性の材料、または反射性の材料を用いることができる。透光性の材料として、例えば、インジウム、亜鉛、スズ等を含む酸化物材料を用いるとよい。反射性の材料として、例えば、アルミニウム、銀等を含む材料を用いるとよい。

[0431]

また、発光素子70は透光性の導電体788を有し、トップエミッション型の発光素子とすることができる。なお、発光素子70は、導電体772側に光を射出するボトムエミッション構造、または導電体772及び導電体788の双方に光を射出するデュアルエミッション構造としてもよい。

[0432]

発光素子70は、微小光共振器（マイクロキャビティ）構造を有することができる。これにより、所定の色の光（例えば、RGB）を取り出すことができ、表示装置10は高輝度の画像を表示することができる。また表示装置10の消費電力を低減することができる。

[0433]

《遮光層738、絶縁体734》

基材770側には、遮光層738と、これらに接する絶縁体734と、が設けられる。遮光層738は、隣接する領域から発せられる光を遮る機能を有する。または、遮光層738は、外光がトランジスタ750等に達することを遮る機能を有する。

[0434]

《絶縁体730》

図13に示す表示装置10には、絶縁体363上に絶縁体730が設けられる。ここで、絶縁体730は、導電体772の一部を覆う構成とすることができる。なお、本実施の形態においては、絶縁体730を設ける構成について例示したが、これに限定されない。例えば、絶縁体730を設けない構成としてもよい。なお、絶縁体730を設けない場合、表示装置の開口部を高めることができるため、好適である。

[0435]

なお、遮光層738は絶縁体730と重なる領域を有するように設けられている。また、遮光層738は、絶縁体734で覆われている。また、発光素子70と絶縁体734の間は封止層732で充填されている。

[0436]

《構造体778》

さらに、構造体778は、絶縁体730とEL層786との間に設けられる。また、構造体778は、絶縁体730と絶縁体734との間に設けられる。

[0437]

図13には図示しないが、表示装置10は、偏光部材、位相差部材、反射防止部材等の光学部材

(光学基板)等を設けることができる。

[0438]

また、着色層を設けることができる。着色層は、発光素子70と重なる領域を有するように設けられている。着色層を設けることにより、発光素子70から取り出される光の色純度を高めることができる。これにより、表示装置10に高品位の画像を表示することができる。また、表示装置10の例えば全ての発光素子70を、白色光を発する発光素子とすることができるため、EL層786を塗り分けにより形成しなくてもよく、表示装置10を高精細なものとするすることができる。

[0439]

<表示装置の構成例2>

図14は、表示装置10の構成例を示す断面図である。表示装置10は、基板701及び基材770を有し、基板701と基材770はシール材712により貼り合わされている。図14に示す表示装置10は、トランジスタ601を有する点で、図13に示す表示装置10と異なる。

[0440]

《基板701》

基板701として、単結晶シリコン基板等の単結晶半導体基板を用いることができる。なお、基板701として単結晶半導体基板以外の半導体基板を用いてもよい。

[0441]

基板701上にトランジスタ441、及びトランジスタ601が設けられる。トランジスタ441及びトランジスタ601は、実施の形態3に示す層20に設けられるトランジスタとすることができる。例えば、層20が有する駆動回路40のトランジスタまたは機能回路50のトランジスタに用いることができる。

[0442]

《トランジスタ441》

トランジスタ441は、ゲート電極としての機能を有する導電体443と、ゲート絶縁体としての機能を有する絶縁体445と、基板701の一部と、からなり、チャンネル形成領域を含む半導体領域447、ソース領域またはドレイン領域の一方としての機能を有する低抵抗領域449a、及びソース領域またはドレイン領域の他方としての機能を有する低抵抗領域449bを有する。トランジスタ441は、pチャンネル型またはnチャンネル型のいずれでもよい。

[0443]

トランジスタ441は、素子分離層403によって他のトランジスタと電氣的に分離される。図14では、素子分離層403によってトランジスタ441とトランジスタ601が電氣的に分離される場合を示している。素子分離層403は、LOCOS (LOCAL Oxidation of Silicon) 法、またはSTI (Shallow Trench Isolation) 法等を用いて形成することができる。

[0444]

ここで、図14に示すトランジスタ441は半導体領域447が凸形状を有する。また、半導体領域447の側面及び上面を、絶縁体445を介して、導電体443が覆うように設けられている。なお、図14では、導電体443が半導体領域447の側面を覆う様子は図示していない。また、導電体443には仕事関数を調整する材料を用いることができる。

[0445]

トランジスタ 4 4 1 のような半導体領域が凸形状を有するトランジスタは、半導体基板の凸部を利用していることから、フィン型トランジスタと呼ぶことができる。なお、凸部の上部に接して、凸部を形成するためのマスクとしての機能を有する絶縁体を有していてもよい。また、図 1 4 では基板 7 0 1 の一部を加工して凸部を形成する構成を示しているが、S O I 基板を加工して凸形状を有する半導体を形成してもよい。

[0 4 4 6]

なお、図 1 4 に示すトランジスタ 4 4 1 の構成は一例であり、その構成に限定されず、回路構成または回路の動作方法等に応じて適切な構成とすればよい。例えば、トランジスタ 4 4 1 は、プレーナー型トランジスタであってもよい。

[0 4 4 7]

《トランジスタ 6 0 1 》

トランジスタ 6 0 1 は、トランジスタ 4 4 1 と同様の構成とすることができる。

[0 4 4 8]

《絶縁体 4 0 5、絶縁体 4 0 7、絶縁体 4 0 9、絶縁体 4 1 1 》

基板 7 0 1 上には、素子分離層 4 0 3、並びにトランジスタ 4 4 1 及びトランジスタ 6 0 1 の他、絶縁体 4 0 5、絶縁体 4 0 7、絶縁体 4 0 9、及び絶縁体 4 1 1 が設けられる。絶縁体 4 0 5 中、絶縁体 4 0 7 中、絶縁体 4 0 9 中、及び絶縁体 4 1 1 中に導電体 4 5 1 が埋設されている。ここで、導電体 4 5 1 の上面の高さと、絶縁体 4 1 1 の上面の高さは同程度にできる。

[0 4 4 9]

絶縁体 4 0 5、絶縁体 4 0 7、絶縁体 4 0 9、及び絶縁体 4 1 1 は、層間膜としての機能を有し、それぞれの下方の凹凸形状を被覆する平坦化膜としての機能を有してもよい。

[0 4 5 0]

《絶縁体 4 2 1、絶縁体 2 1 4、絶縁体 2 1 6 》

導電体 4 5 1 上、及び絶縁体 4 1 1 上に絶縁体 4 2 1 及び絶縁体 2 1 4 が設けられる。絶縁体 4 2 1 中、及び絶縁体 2 1 4 中に導電体 4 5 3 が埋設されている。ここで、導電体 4 5 3 の上面の高さと、絶縁体 2 1 4 の上面の高さは同程度にできる。

[0 4 5 1]

導電体 4 5 3 上、及び絶縁体 2 1 4 上に絶縁体 2 1 6 が設けられる。絶縁体 2 1 6 中に導電体 4 5 5 が埋設されている。ここで、導電体 4 5 5 の上面の高さと、絶縁体 2 1 6 の上面の高さは同程度にできる。

[0 4 5 2]

《絶縁体 2 2 2、絶縁体 2 2 4、絶縁体 2 5 4、絶縁体 2 8 0、絶縁体 2 7 4、絶縁体 2 8 1 》

導電体 4 5 5 上、及び絶縁体 2 1 6 上に絶縁体 2 2 2、絶縁体 2 2 4、絶縁体 2 5 4、絶縁体 2 8 0、絶縁体 2 7 4、及び絶縁体 2 8 1 が設けられる。

[0 4 5 3]

絶縁体 2 2 2 中、絶縁体 2 2 4 中、絶縁体 2 5 4 中、絶縁体 2 8 0 中、絶縁体 2 7 4 中、及び絶縁体 2 8 1 中に導電体 3 0 5 が埋設されている。ここで、導電体 3 0 5 の上面の高さと、絶縁体 2 8 1 の上面の高さは同程度にできる。

[0 4 5 4]

絶縁体 4 2 1、絶縁体 2 1 4、絶縁体 2 8 0、絶縁体 2 7 4、及び絶縁体 2 8 1 は、層間膜として

の機能を有し、それぞれの下方の凹凸形状を被覆する平坦化膜としての機能を有してもよい。

[0455]

《絶縁体361》

導電体305上、及び絶縁体281上に絶縁体361が設けられる。

[0456]

《トランジスタ441》

図14に示すように、トランジスタ441のソース領域またはドレイン領域の他方としての機能を有する低抵抗領域449bは、導電体451、導電体453、導電体455、導電体305、導電体317、導電体337、導電体347、導電体353、導電体355、導電体357、接続電極760、及び異方性導電体780を介して、FPC716と電氣的に接続される。

[0457]

<表示装置の構成例3>

図15は、表示装置10の構成例を示す断面図である。表示装置10は、基板701及び基材770を有し、基板701と基材770はシール材712により貼り合わされている。図15に示す表示装置10は、トランジスタ750がトランジスタ441と同様の構成を有する点で、図14に示す表示装置10と異なる。

[0458]

《基板701》

基板701として、単結晶シリコン基板等の単結晶半導体基板を用いることができる。なお、基板701として単結晶半導体基板以外の半導体基板を用いてもよい。

[0459]

基板701上にトランジスタ441、及びトランジスタ601が設けられる。トランジスタ441及びトランジスタ601は、実施の形態3に示す層20に設けられるトランジスタとすることができる。例えば、層20が有する駆動回路40のトランジスタまたは機能回路50のトランジスタに用いることができる。

[0460]

《トランジスタ441》

トランジスタ441は、ゲート電極としての機能を有する導電体443と、ゲート絶縁体としての機能を有する絶縁体445と、基板701の一部と、からなり、チャンネル形成領域を含む半導体領域447、ソース領域またはドレイン領域の一方としての機能を有する低抵抗領域449a、及びソース領域またはドレイン領域の他方としての機能を有する低抵抗領域449bを有する。トランジスタ441は、pチャンネル型またはnチャンネル型のいずれでもよい。

[0461]

トランジスタ441は、素子分離層403によって他のトランジスタと電氣的に分離される。図15では、素子分離層403によってトランジスタ441とトランジスタ601が電氣的に分離される場合を示している。素子分離層403は、LOCOS (LOCAL Oxidation of Silicon) 法、またはSTI (Shallow Trench Isolation) 法等を用いて形成することができる。

[0462]

ここで、図15に示すトランジスタ441は半導体領域447が凸形状を有する。また、半導体領

域 4 4 7 の側面及び上面を、絶縁体 4 4 5 を介して、導電体 4 4 3 が覆うように設けられている。なお、図 1 5 では、導電体 4 4 3 が半導体領域 4 4 7 の側面を覆う様子は図示していない。また、導電体 4 4 3 には仕事関数を調整する材料を用いることができる。

[0 4 6 3]

トランジスタ 4 4 1 のような半導体領域が凸形状を有するトランジスタは、半導体基板の凸部を利用していることから、フィン型トランジスタと呼ぶことができる。なお、凸部の上部に接して、凸部を形成するためのマスクとしての機能を有する絶縁体を有していてもよい。また、図 1 5 では基板 7 0 1 の一部を加工して凸部を形成する構成を示しているが、SOI 基板を加工して凸形状を有する半導体を形成してもよい。

[0 4 6 4]

なお、図 1 5 に示すトランジスタ 4 4 1 の構成は一例であり、その構成に限定されず、回路構成または回路の動作方法等に応じて適切な構成とすればよい。例えば、トランジスタ 4 4 1 は、プレーナ型トランジスタであってもよい。

[0 4 6 5]

《トランジスタ 6 0 1》

トランジスタ 6 0 1 は、トランジスタ 4 4 1 と同様の構成とすることができる。

[0 4 6 6]

《絶縁体 4 0 5、絶縁体 4 0 7、絶縁体 4 0 9、絶縁体 4 1 1》

基板 7 0 1 上には、素子分離層 4 0 3、並びにトランジスタ 4 4 1 及びトランジスタ 6 0 1 の他、絶縁体 4 0 5、絶縁体 4 0 7、絶縁体 4 0 9、及び絶縁体 4 1 1 が設けられる。絶縁体 4 0 5 中、絶縁体 4 0 7 中、絶縁体 4 0 9 中、及び絶縁体 4 1 1 中に導電体 4 5 1 が埋設されている。ここで、導電体 4 5 1 の上面の高さと、絶縁体 4 1 1 の上面の高さは同程度にできる。

[0 4 6 7]

絶縁体 4 0 5、絶縁体 4 0 7、絶縁体 4 0 9、及び絶縁体 4 1 1 は、層間膜としての機能を有し、それぞれの下側の凹凸形状を被覆する平坦化膜としての機能を有してもよい。

[0 4 6 8]

《絶縁体 4 2 1、絶縁体 2 1 4、絶縁体 2 1 6》

導電体 4 5 1 上、及び絶縁体 4 1 1 上に絶縁体 4 2 1 及び絶縁体 2 1 4 が設けられる。絶縁体 4 2 1 中、及び絶縁体 2 1 4 中に導電体 4 5 3 が埋設されている。ここで、導電体 4 5 3 の上面の高さと、絶縁体 2 1 4 の上面の高さは同程度にできる。

[0 4 6 9]

導電体 4 5 3 上、及び絶縁体 2 1 4 上に絶縁体 2 1 6 が設けられる。絶縁体 2 1 6 中に導電体 4 5 5 が埋設されている。ここで、導電体 4 5 5 の上面の高さと、絶縁体 2 1 6 の上面の高さは同程度にできる。

[0 4 7 0]

《接着層 4 5 9》

絶縁体 2 1 6 上に、接着層 4 5 9 が設けられる。接着層 4 5 9 中にバンプ 4 5 8 が埋設されている。接着層 4 5 9 は、絶縁体 2 1 6 および基板 7 0 1 B を接着する。また、バンプ 4 5 8 の下面は導電体 4 5 5 と接し、バンプ 4 5 8 の上面は導電体 3 0 5 と接し、導電体 4 5 5 および導電体 3 0 5 を電氣的に接続する。

[0471]

《基板701B》

基板701Bとして、単結晶シリコン基板等の単結晶半導体基板を用いることができる。なお、基板701Bとして単結晶半導体基板以外の半導体基板を用いてもよい。

[0472]

基板701B上にトランジスタ750が設けられる。トランジスタ750は、実施の形態3に示す層30に設けられるトランジスタとすることができる。例えば、画素回路62に設けられるトランジスタとすることができる。

[0473]

《トランジスタ750》

トランジスタ750は、トランジスタ441と同様の構成とすることができる。

[0474]

《絶縁体405B、絶縁体280、絶縁体274、絶縁体281》

基板701B上には、素子分離層403B、並びにトランジスタ750の他、絶縁体405B、絶縁体280、絶縁体274、及び絶縁体281が設けられる。絶縁体405B中、絶縁体280中、絶縁体274中、及び絶縁体281中に導電体305が埋設されている。ここで、導電体305の上面の高さと、絶縁体281の上面の高さは同程度にできる。

[0475]

絶縁体405B、絶縁体280、絶縁体274、及び絶縁体281は、層間膜としての機能を有し、それぞれの下方の凹凸形状を被覆する平坦化膜としての機能を有してもよい。

[0476]

《絶縁体361》

導電体305上、及び絶縁体281上に絶縁体361が設けられる。

[0477]

《トランジスタ441》

図15に示すように、トランジスタ441のソース領域またはドレイン領域の他方としての機能を有する低抵抗領域449bは、導電体451、導電体453、導電体455、パンプ458、導電体305、導電体317、導電体337、導電体347、導電体353、導電体355、導電体357、接続電極760、及び異方性導電体780を介して、FPC716と電氣的に接続される。

[0478]

<表示装置の構成例4>

図16に示す表示装置10は、トランジスタ441及びトランジスタ601の代わりに、OSトランジスタであるトランジスタ602及びトランジスタ603を有する点が、図14に示す表示装置10と主に異なる。また、トランジスタ750は、OSトランジスタを用いることができる。つまり、図14に示す表示装置10は、OSトランジスタが積層して設けられている。なお、図16では、トランジスタ602及びトランジスタ603が基板701上に設けられている例を示す。基板701としては、上述の通り、単結晶シリコン基板等の単結晶半導体基板、他の半導体基板を用いることができる。また、基板701として、ガラス基板、サファイア基板などの各種絶縁体基板を用いてもよい。

[0479]

《絶縁体613、絶縁体614》

基板701上には絶縁体613及び絶縁体614が設けられ、絶縁体614上にはトランジスタ602及びトランジスタ603が設けられる。なお、基板701と、絶縁体613と、の間にトランジスタ等が設けられていてもよい。例えば、基板701と、絶縁体613と、の間に、図14で示したトランジスタ441及びトランジスタ601と同様の構成のトランジスタを設けてもよい。

[0480]

《トランジスタ602、トランジスタ603》

トランジスタ602及びトランジスタ603は、実施の形態3に示す層20に設けられるトランジスタとすることができる。

[0481]

トランジスタ602及びトランジスタ603は、トランジスタ750と同様の構成のトランジスタとすることができる。なお、トランジスタ602及びトランジスタ603を、トランジスタ750と異なる構成のOSトランジスタとしてもよい。

[0482]

《絶縁体616、絶縁体622、絶縁体624、絶縁体654、絶縁体680、絶縁体674、絶縁体681》

絶縁体614上には、トランジスタ602及びトランジスタ603の他、絶縁体616、絶縁体622、絶縁体624、絶縁体654、絶縁体680、絶縁体674、及び絶縁体681が設けられる。絶縁体654中、絶縁体680中、絶縁体674中、及び絶縁体681中に導電体461が埋設されている。ここで、導電体461の上面の高さと、絶縁体681の上面の高さは同程度にできる。

[0483]

《絶縁体501》

導電体461上、及び絶縁体681上に絶縁体501が設けられる。絶縁体501中に導電体463が埋設されている。ここで、導電体463の上面の高さと、絶縁体501の上面の高さは同程度にできる。

[0484]

導電体463上、及び絶縁体501上に絶縁体421及び絶縁体214が設けられる。絶縁体421中、及び絶縁体214中に導電体453が埋設されている。ここで、導電体453の上面の高さと、絶縁体214の上面の高さは同程度にできる。

[0485]

図16に示すように、トランジスタ602のソースまたはドレインの一方は、導電体461、導電体463、導電体453、導電体455、導電体305、導電体317、導電体337、導電体347、導電体353、導電体355、導電体357、接続電極760、及び異方性導電体780を介して、FPC716と電気的に接続される。

[0486]

絶縁体222中、絶縁体224中、絶縁体254中、絶縁体280中、絶縁体274中、及び絶縁体281中に導電体305が埋設されている。ここで、導電体305の上面の高さと、絶縁体281の上面の高さは同程度にできる。

[0487]

絶縁体 6 1 3、絶縁体 6 1 4、絶縁体 6 8 0、絶縁体 6 7 4、絶縁体 6 8 1、及び絶縁体 5 0 1 は、層間膜としての機能を有し、それぞれの下方の凹凸形状を被覆する平坦化膜としての機能を有してもよい。

[0488]

表示装置 1 0 を図 1 6 に示す構成とすることにより、表示装置 1 0 を狭額縁化、小型化させつつ、表示装置 1 0 が有するトランジスタを全て OS トランジスタとすることができる。これにより、例えば実施の形態 3 に示す層 2 0 に設けられるトランジスタと、層 3 0 に設けられるトランジスタと、を同一の装置を用いて作製することができる。よって、表示装置 1 0 の作製コストを削減することができ、表示装置 1 0 を低価格なものとするすることができる。

[0489]

<表示装置の構成例 5 >

図 1 7 は、表示装置 1 0 の構成例を示す断面図である。トランジスタ 7 5 0 を有する層と、トランジスタ 6 0 1 及びトランジスタ 4 4 1 を有する層との間に、トランジスタ 8 0 0 を有する層を有する点で、図 1 4 に示す表示装置 1 0 と主に異なる。

[0490]

図 1 7 の構成では、実施の形態 3 に示す層 2 0 を、トランジスタ 6 0 1 及びトランジスタ 4 4 1 を有する層と、トランジスタ 8 0 0 を有する層と、で構成することができる。トランジスタ 7 5 0 は実施の形態 3 に示す層 3 0 に設けられるトランジスタとすることができる。

[0491]

《絶縁体 8 2 1、絶縁体 8 1 4》

導電体 4 5 1 上、及び絶縁体 4 1 1 上に絶縁体 8 2 1 及び絶縁体 8 1 4 が設けられる。絶縁体 8 2 1 中、及び絶縁体 8 1 4 中に導電体 8 5 3 が埋設されている。ここで、導電体 8 5 3 の上面の高さと、絶縁体 8 1 4 の上面の高さは同程度にできる。

[0492]

《絶縁体 8 1 6》

導電体 8 5 3 上、及び絶縁体 8 1 4 上に絶縁体 8 1 6 が設けられる。絶縁体 8 1 6 中に導電体 8 5 5 が埋設されている。ここで、導電体 8 5 5 の上面の高さと、絶縁体 8 1 6 の上面の高さは同程度にできる。

[0493]

《絶縁体 8 2 2、絶縁体 8 2 4、絶縁体 8 5 4、絶縁体 8 8 0、絶縁体 8 7 4、絶縁体 8 8 1》

導電体 8 5 5 上、及び絶縁体 8 1 6 上に絶縁体 8 2 2、絶縁体 8 2 4、絶縁体 8 5 4、絶縁体 8 8 0、絶縁体 8 7 4、及び絶縁体 8 8 1 が設けられる。絶縁体 8 2 2 中、絶縁体 8 2 4 中、絶縁体 8 5 4 中、絶縁体 8 8 0 中、絶縁体 8 7 4 中、及び絶縁体 8 8 1 中に導電体 8 0 5 が埋設されている。ここで、導電体 8 0 5 の上面の高さと、絶縁体 8 8 1 の上面の高さは同程度にできる。

[0494]

導電体 8 1 7 上、及び絶縁体 8 8 1 上に絶縁体 4 2 1 及び絶縁体 2 1 4 が設けられる。

[0495]

図 1 7 に示すように、トランジスタ 4 4 1 のソース領域またはドレイン領域の他方としての機能を有する低抵抗領域 4 4 9 b は、導電体 4 5 1、導電体 8 5 3、導電体 8 5 5、導電体 8 0 5、導電体 8 1 7、導電体 4 5 3、導電体 4 5 5、導電体 3 0 5、導電体 3 1 7、導電体 3 3 7、導電体 3

47、導電体353、導電体355、導電体357、接続電極760、及び異方性導電体780を介して、FPC716と電氣的に接続される。

[0496]

《トランジスタ800》

絶縁体814上には、トランジスタ800が設けられる。トランジスタ800は、実施の形態3に示す層20に設けられるトランジスタとすることができる。トランジスタ800は、OSトランジスタとすることが好ましい。例えば、トランジスタ800は、バックアップ回路82に設けられるトランジスタとすることができる。

[0497]

絶縁体854中、絶縁体880中、絶縁体874中、及び絶縁体881中に導電体801a、及び導電体801bが埋設されている。導電体801aは、トランジスタ800のソースまたはドレインの一方と電氣的に接続され、導電体801bは、トランジスタ800のソースまたはドレインの他方と電氣的に接続される。ここで、導電体801a、及び導電体801bの上面の高さと、絶縁体881の上面の高さは同程度にできる。

[0498]

《トランジスタ750》

トランジスタ750は、実施の形態3に示す層30に設けられるトランジスタとすることができる。例えば、トランジスタ750は、画素回路62に設けられるトランジスタとすることができる。トランジスタ750は、OSトランジスタとすることが好ましい。

[0499]

絶縁体405、絶縁体407、絶縁体409、絶縁体411、絶縁体821、絶縁体814、絶縁体880、絶縁体874、絶縁体881、絶縁体421、絶縁体214、絶縁体280、絶縁体274、絶縁体281、絶縁体361、及び絶縁体363は、層間膜としての機能を有し、それぞれ下方の凹凸形状を被覆する平坦化膜としての機能を有してもよい。

[0500]

図17において、導電体801a、導電体801b、及び導電体805が同一の層に形成される例を示している。また、導電体811、導電体813、及び導電体817が同一の層に形成される例を示している。

[0501]

本実施の形態は、少なくともその一部を本明細書中に記載する他の実施の形態と適宜組み合わせる実施することができる。

[0502]

(実施の形態5)

本実施の形態では、本発明の一態様である表示装置に用いることができるトランジスタについて説明する。

[0503]

<トランジスタの構成例>

図18A、図18B、及び図18Cは、本発明の一態様である表示装置に用いることができるトランジスタ200A、及びトランジスタ200A周辺の上図及び断面図である。本発明の一態様の表示装置に、トランジスタ200Aを適用することができる。

[0504]

図18Aは、トランジスタ200Aの上面図である。また、図18B、及び図18Cは、トランジスタ200Aの断面図である。ここで、図18Bは、図18AにA1-A2の一点鎖線で示す部位の断面図であり、トランジスタ200Aのチャネル長方向の断面図でもある。また、図18Cは、図18AにA3-A4の一点鎖線で示す部位の断面図であり、トランジスタ200Aのチャネル幅方向の断面図でもある。なお、図18Aの上面図では、図の明瞭化のために一部の要素を省いて図示している。

[0505]

図18に示すように、トランジスタ200Aは、基板（図示しない。）の上に配置された金属酸化物230aと、金属酸化物230aの上に配置された金属酸化物230bと、金属酸化物230bの上に、互いに離隔して配置された導電体242a、及び導電体242bと、導電体242a及び導電体242b上に配置され、導電体242aと導電体242bの間に開口が形成された絶縁体280と、開口の中に配置された導電体260と、金属酸化物230b、導電体242a、導電体242b、及び絶縁体280と、導電体260と、の間に配置された絶縁体250と、金属酸化物230b、導電体242a、導電体242b、及び絶縁体280と、絶縁体250と、の間に配置された金属酸化物230cと、を有する。ここで、図18B及び図18Cに示すように、導電体260の上面は、絶縁体250、絶縁体254、金属酸化物230c、及び絶縁体280の上面と略一致することが好ましい。なお、以下において、金属酸化物230a、金属酸化物230b、及び金属酸化物230cをまとめて金属酸化物230という場合がある。また、導電体242a及び導電体242bをまとめて導電体242という場合がある。

[0506]

図18に示すトランジスタ200Aでは、導電体242a及び導電体242bの導電体260側の側面が、概略垂直な形状を有している。なお、図18に示すトランジスタ200Aは、これに限られるものではなく、導電体242a及び導電体242bの側面と底面がなす角が、 10° 以上 80° 以下、好ましくは、 30° 以上 60° 以下としてもよい。また、導電体242a及び導電体242bの対向する側面が、複数の面を有していてもよい。

[0507]

図18に示すように、絶縁体224、金属酸化物230a、金属酸化物230b、導電体242a、導電体242b、及び金属酸化物230cと、絶縁体280と、の間に絶縁体254が配置されることが好ましい。ここで、絶縁体254は、図18B及び図18Cに示すように、金属酸化物230cの側面、導電体242aの上面と側面、導電体242bの上面と側面、金属酸化物230a及び金属酸化物230bの側面、並びに絶縁体224の上面に接することが好ましい。

[0508]

なお、トランジスタ200Aでは、チャネルが形成される領域（以下、チャネル形成領域ともいう。）と、その近傍において、金属酸化物230a、金属酸化物230b、及び金属酸化物230cの3層を積層する構成について示しているが、本発明はこれに限られるものではない。例えば、金属酸化物230bと金属酸化物230cの2層構造、または4層以上の積層構造を設ける構成にしてもよい。また、トランジスタ200Aでは、導電体260を2層の積層構造として示しているが、本発明はこれに限られるものではない。例えば、導電体260が、単層構造であってもよいし、3層以上の積層構造であってもよい。また、金属酸化物230a、金属酸化物230b、及び金属

酸化物 230c のそれぞれが 2 層以上の積層構造を有していてもよい。

[0509]

例えば、金属酸化物 230c が第 1 の金属酸化物と、第 1 の金属酸化物上の第 2 の金属酸化物からなる積層構造を有する場合、第 1 の金属酸化物は、金属酸化物 230b と同様の組成を有し、第 2 の金属酸化物は、金属酸化物 230a と同様の組成を有することが好ましい。

[0510]

ここで、導電体 260 は、トランジスタのゲート電極として機能し、導電体 242a 及び導電体 242b は、それぞれソース電極またはドレイン電極として機能する。上記のように、導電体 260 は、絶縁体 280 の開口、及び導電体 242a と導電体 242b に挟まれた領域に埋め込まれるように形成される。ここで、導電体 260、導電体 242a 及び導電体 242b の配置は、絶縁体 280 の開口に対して、自己整合的に選択される。つまり、トランジスタ 200A において、ゲート電極を、ソース電極とドレイン電極の間に、自己整合的に配置させることができる。よって、導電体 260 を位置合わせのマージンを設けることなく形成することができるため、トランジスタ 200A の占有面積の縮小を図ることができる。これにより、表示装置を高精細にすることができる。また、表示装置を狭額縁にすることができる。

[0511]

図 18 に示すように、導電体 260 は、絶縁体 250 の内側に設けられた導電体 260a と、導電体 260a の内側に埋め込まれるように設けられた導電体 260b と、を有することが好ましい。

[0512]

トランジスタ 200A は、基板（図示しない。）の上に配置された絶縁体 214 と、絶縁体 214 の上に配置された絶縁体 216 と、絶縁体 216 に埋め込まれるように配置された導電体 205 と、絶縁体 216 と導電体 205 の上に配置された絶縁体 222 と、絶縁体 222 の上に配置された絶縁体 224 と、を有することが好ましい。絶縁体 224 の上に金属酸化物 230a が配置されることが好ましい。

[0513]

トランジスタ 200A の上に、層間膜として機能する絶縁体 274、及び絶縁体 281 が配置されることが好ましい。ここで、絶縁体 274 は、導電体 260、絶縁体 250、絶縁体 254、金属酸化物 230c、及び絶縁体 280 の上面に接して配置されることが好ましい。

[0514]

絶縁体 222、絶縁体 254、及び絶縁体 274 は、水素（例えば、水素原子、水素分子等）の少なくとも一の拡散を抑制する機能を有することが好ましい。例えば、絶縁体 222、絶縁体 254、及び絶縁体 274 は、絶縁体 224、絶縁体 250、及び絶縁体 280 より水素透過性が低いことが好ましい。また、絶縁体 222、及び絶縁体 254 は、酸素（例えば、酸素原子、酸素分子等の少なくとも一の）の拡散を抑制する機能を有することが好ましい。例えば、絶縁体 222、及び絶縁体 254 は、絶縁体 224、絶縁体 250、及び絶縁体 280 より酸素透過性が低いことが好ましい。

[0515]

ここで、絶縁体 224、金属酸化物 230、及び絶縁体 250 は、絶縁体 280 及び絶縁体 281 と、絶縁体 254、及び絶縁体 274 によって隔離されている。ゆえに、絶縁体 224、金属酸化物 230、及び絶縁体 250 に、絶縁体 280 及び絶縁体 281 に含まれる水素等の不純物または、

過剰な酸素が、絶縁体 224、金属酸化物 230a、金属酸化物 230b、及び絶縁体 250 に混入することを抑制できる。

[0516]

トランジスタ 200A と電氣的に接続し、プラグとして機能する導電体 240 (導電体 240a、及び導電体 240b) が設けられることが好ましい。なお、プラグとして機能する導電体 240 の側面に接して絶縁体 241 (絶縁体 241a、及び絶縁体 241b) が設けられる。つまり、絶縁体 254、絶縁体 280、絶縁体 274、及び絶縁体 281 の開口の内壁に接して絶縁体 241 が設けられる。また、絶縁体 241 の側面に接して導電体 240 の第 1 の導電体が設けられ、さらに内側に導電体 240 の第 2 の導電体が設けられる構成にしてもよい。ここで、導電体 240 の上面の高さと、絶縁体 281 の上面の高さは同程度にできる。なお、トランジスタ 200A では、導電体 240 の第 1 の導電体及び導電体 240 の第 2 の導電体を積層する構成について示しているが、本発明はこれに限られるものではない。例えば、導電体 240 を単層、または 3 層以上の積層構造として設ける構成にしてもよい。構造体が積層構造を有する場合、形成順に序数を付与し、区別する場合がある。

[0517]

トランジスタ 200A は、チャンネル形成領域を含む金属酸化物 230 (金属酸化物 230a、金属酸化物 230b、及び金属酸化物 230c) に、酸化物半導体として機能する金属酸化物 (以下、酸化物半導体ともいう。) を用いることが好ましい。例えば、金属酸化物 230 のチャンネル形成領域となる金属酸化物として、バンドギャップが 2 eV 以上、好ましくは 2.5 eV 以上のものを用いることが好ましい。

[0518]

上記金属酸化物として、少なくともインジウム (In) または亜鉛 (Zn) を含むことが好ましい。特に、インジウム (In) 及び亜鉛 (Zn) を含むことが好ましい。また、これらに加えて、元素 M が含まれていることが好ましい。元素 M として、アルミニウム (Al)、ガリウム (Ga)、イットリウム (Y)、スズ (Sn)、ホウ素 (B)、チタン (Ti)、鉄 (Fe)、ニッケル (Ni)、ゲルマニウム (Ge)、ジルコニウム (Zr)、モリブデン (Mo)、ランタン (La)、セリウム (Ce)、ネオジム (Nd)、ハフニウム (Hf)、タンタル (Ta)、タングステン (W)、マグネシウム (Mg) またはコバルト (Co) の一以上を用いることができる。特に、元素 M は、アルミニウム (Al)、ガリウム (Ga)、イットリウム (Y)、またはスズ (Sn) の一以上とすることが好ましい。また、元素 M は、Ga 及び Sn のいずれか一方または双方を有することがさらに好ましい。

[0519]

また、図 18B に示すように、金属酸化物 230b は、導電体 242 と重ならない領域の膜厚が、導電体 242 と重なる領域の膜厚より薄くなる場合がある。これは、導電体 242a 及び導電体 242b を形成する際に、金属酸化物 230b の上面の一部を除去することにより形成される。金属酸化物 230b の上面には、導電体 242 となる導電膜を成膜した際に、当該導電膜との界面近傍に抵抗の低い領域が形成される場合がある。このように、金属酸化物 230b の上面の導電体 242a と導電体 242b の間に位置する、抵抗の低い領域を除去することにより、当該領域にチャンネルが形成されることを防ぐことができる。

[0520]

本発明の一態様により、サイズが小さいトランジスタを有し、精細度が高い表示装置を提供することができる。または、オン電流が大きいトランジスタを有し、輝度が高い表示装置を提供することができる。または、動作が速いトランジスタを有し、動作が速い表示装置を提供することができる。または、電気特性が安定したトランジスタを有し、信頼性が高い表示装置を提供することができる。または、オフ電流が小さいトランジスタを有し、消費電力が低い表示装置を提供することができる。

[0521]

本発明の一態様である表示装置に用いることができるトランジスタ200Aの詳細な構成について説明する。

[0522]

導電体205は、金属酸化物230、及び導電体260と、重なる領域を有するように配置する。また、導電体205は、絶縁体216に埋め込まれて設けることが好ましい。

[0523]

導電体205は、導電体205a、導電体205b、及び導電体205cを有する。導電体205aは、絶縁体216に設けられた開口の底面及び側壁に接して設けられる。導電体205bは、導電体205aに形成された凹部に埋め込まれるように設けられる。ここで、導電体205bの上面は、導電体205aの上面及び絶縁体216の上面より低くなる。導電体205cは、導電体205bの上面、及び導電体205aの側面に接して設けられる。ここで、導電体205cの上面の高さは、導電体205aの上面の高さ及び絶縁体216の上面の高さと略一致する。つまり、導電体205bは、導電体205a及び導電体205cに包み込まれる構成になる。

[0524]

導電体205a及び導電体205cは、水素原子、水素分子、水分子、窒素原子、窒素分子、酸化窒素分子(N₂O、NO、NO₂等)、銅原子等の不純物の拡散を抑制する機能を有する導電性材料を用いることが好ましい。または、酸素(例えば、酸素原子、酸素分子等の少なくとも一)の拡散を抑制する機能を有する導電性材料を用いることが好ましい。

[0525]

導電体205a及び導電体205cに、水素の拡散を低減する機能を有する導電性材料を用いることにより、導電体205bに含まれる水素等の不純物が、絶縁体224等を介して、金属酸化物230に拡散することを抑制できる。また、導電体205a及び導電体205cに、酸素の拡散を抑制する機能を有する導電性材料を用いることにより、導電体205bが酸化されて導電率が低下することを抑制することができる。酸素の拡散を抑制する機能を有する導電性材料としては、例えば、チタン、窒化チタン、タンタル、窒化タンタル、ルテニウム、酸化ルテニウム等を用いることが好ましい。したがって、導電体205aとしては、上記導電性材料を単層または積層とすればよい。例えば、導電体205aは、窒化チタンを用いればよい。

[0526]

また、導電体205bは、タングステン、銅、またはアルミニウムを主成分とする導電性材料を用いることが好ましい。例えば、導電体205bは、タングステンをういればよい。

[0527]

ここで、導電体260は、第1のゲート(トップゲートともいう。)電極として機能する場合がある。また、導電体205は、第2のゲート(ボトムゲートともいう。)電極として機能する場合がある。その場合、導電体205に印加する電位を、導電体260に印加する電位と連動させず、独

立して変化させることで、トランジスタ200Aの V_{th} を制御することができる。特に、導電体205に負の電位を印加することにより、トランジスタ200Aの V_{th} を0Vより大きくし、オフ電流を小さくすることが可能となる。したがって、導電体205に負の電位を印加したほうが、印加しない場合よりも、導電体260に印加する電位が0Vのときのドレイン電流を小さくすることができる。

[0528]

導電体205は、金属酸化物230におけるチャネル形成領域よりも、大きく設けるとよい。特に、図18Cに示すように、導電体205は、金属酸化物230のチャネル幅方向と交わる端部よりも外側の領域においても、延伸していることが好ましい。つまり、金属酸化物230のチャネル幅方向における側面の外側において、導電体205と、導電体260とは、絶縁体を介して重畳していることが好ましい。

[0529]

上記構成を有することで、第1のゲート電極としての機能を有する導電体260の電界と、第2のゲート電極としての機能を有する導電体205の電界によって、金属酸化物230のチャネル形成領域を電氣的に取り囲むことができる。

[0530]

図18Cに示すように、導電体205は延伸させて、配線としても機能させている。ただし、これに限られることなく、導電体205の下に、配線として機能する導電体を設ける構成にしてもよい。

[0531]

絶縁体214は、水または水素等の不純物が、基板側からトランジスタ200Aに混入することを抑制するバリア絶縁膜として機能することが好ましい。したがって、絶縁体214は、水素原子、水素分子、水分子、窒素原子、窒素分子、酸化窒素分子(N_2O 、 NO 、 NO_2 等)、銅原子等の不純物の拡散を抑制する機能を有する(上記不純物が透過しにくい。)絶縁性材料を用いることが好ましい。または、酸素(例えば、酸素原子、酸素分子等の少なくとも一)の拡散を抑制する機能を有する(上記酸素が透過しにくい。)絶縁性材料を用いることが好ましい。

[0532]

例えば、絶縁体214として、酸化アルミニウムまたは窒化シリコン等を用いることが好ましい。これにより、水または水素等の不純物が絶縁体214よりも基板側からトランジスタ200A側に拡散することを抑制できる。または、絶縁体224等に含まれる酸素が、絶縁体214よりも基板側に、拡散することを抑制できる。

[0533]

層間膜として機能する絶縁体216、絶縁体280、及び絶縁体281は、絶縁体214よりも誘電率が低いことが好ましい。誘電率が低い材料を層間膜とすることで、配線間に生じる寄生容量を低減することができる。例えば、絶縁体216、絶縁体280、及び絶縁体281として、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化酸化シリコン、窒化シリコン、フッ素を添加した酸化シリコン、炭素を添加した酸化シリコン、炭素及び窒素を添加した酸化シリコン、または空孔を有する酸化シリコン等を適宜用いればよい。

[0534]

絶縁体222及び絶縁体224は、ゲート絶縁体としての機能を有する。

[0535]

ここで、金属酸化物230と接する絶縁体224は、加熱により酸素を脱離することが好ましい。本明細書では、加熱により離脱する酸素を過剰酸素と呼ぶことがある。例えば、絶縁体224は、酸化シリコンまたは酸化窒化シリコン等を適宜用いればよい。酸素を含む絶縁体を金属酸化物230に接して設けることにより、金属酸化物230中の酸素欠損を低減し、トランジスタ200Aの信頼性を向上させることができる。

[0536]

絶縁体224として、具体的には、加熱により一部の酸素が脱離する酸化物材料を用いることが好ましい。加熱により酸素を脱離する酸化物とは、TDS (Thermal Desorption Spectroscopy) 分析にて、酸素原子に換算しての酸素の脱離量が 1.0×10^{18} atoms/cm³以上、好ましくは 1.0×10^{19} atoms/cm³以上、さらに好ましくは 2.0×10^{19} atoms/cm³以上、または 3.0×10^{20} atoms/cm³以上である酸化物膜である。なお、上記TDS分析時における膜の表面温度は、100°C以上700°C以下、または100°C以上400°C以下の範囲が好ましい。

[0537]

図18Cに示すように、絶縁体224は、絶縁体254と重ならず、且つ金属酸化物230bと重ならない領域の膜厚が、それ以外の領域の膜厚より薄くなる場合がある。絶縁体224において、絶縁体254と重ならず、且つ金属酸化物230bと重ならない領域の膜厚は、上記酸素を十分に拡散できる膜厚であることが好ましい。

[0538]

絶縁体222は、絶縁体214等と同様に、水または水素等の不純物が、基板側からトランジスタ200Aに混入することを抑制するバリア絶縁膜として機能することが好ましい。例えば、絶縁体222は、絶縁体224より水素透過性が低いことが好ましい。絶縁体222、絶縁体254、及び絶縁体274によって、絶縁体224、金属酸化物230、及び絶縁体250等を囲むことにより、外方から水または水素等の不純物がトランジスタ200Aに侵入することを抑制することができる。

[0539]

さらに、絶縁体222は、酸素（例えば、酸素原子、酸素分子等の少なくとも一）の拡散を抑制する機能を有する（上記酸素が透過しにくい。）ことが好ましい。例えば、絶縁体222は、絶縁体224より酸素透過性が低いことが好ましい。絶縁体222が、酸素または不純物の拡散を抑制する機能を有することで、金属酸化物230が有する酸素が、基板側へ拡散することを低減でき、好ましい。また、導電体205が、絶縁体224または、金属酸化物230が有する酸素と反応することを抑制することができる。

[0540]

絶縁体222は、絶縁性材料であるアルミニウム及びハフニウム的一方または双方の酸化物を含む絶縁体を用いるとよい。アルミニウム及びハフニウム的一方または双方の酸化物を含む絶縁体として、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、アルミニウム及びハフニウムを含む酸化物（ハフニウムアルミネート）等を用いることが好ましい。このような材料を用いて絶縁体222を形成した場合、絶縁体222は、金属酸化物230からの酸素の放出または、トランジスタ200Aの周辺部から金属酸化物230への水素等の不純物の混入を抑制する層として機能する。

[0541]

または、これらの絶縁体に、例えば、酸化アルミニウム、酸化ビスマス、酸化ゲルマニウム、酸化ニオブ、酸化シリコン、酸化チタン、酸化タングステン、酸化イットリウム、酸化ジルコニウムを添加してもよい。またはこれらの絶縁体を窒化処理してもよい。上記の絶縁体に酸化シリコン、酸化窒化シリコンまたは窒化シリコンを積層して用いてもよい。

[0542]

絶縁体222は、例えば、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、酸化タンタル、酸化ジルコニウム、チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)、チタン酸ストロンチウム(SrTiO_3)または(Ba, Sr)TiO₃(BST)等のいわゆるhigh-k材料を含む絶縁体を単層または積層で用いてもよい。トランジスタの微細化、及び高集積化が進むと、ゲート絶縁体の薄膜化により、リーク電流等の問題が生じる場合がある。ゲート絶縁体として機能する絶縁体にhigh-k材料を用いることで、物理膜厚を保ちながら、トランジスタ動作時のゲート電位の低減が可能となる。

[0543]

なお、絶縁体222、及び絶縁体224が、2層以上の積層構造を有していてもよい。その場合、同じ材料からなる積層構造に限定されず、異なる材料からなる積層構造でもよい。例えば、絶縁体222の下に絶縁体224と同様の絶縁体を設ける構成にしてもよい。

[0544]

金属酸化物230は、金属酸化物230aと、金属酸化物230a上の金属酸化物230bと、金属酸化物230b上の金属酸化物230cと、を有する。金属酸化物230b下に金属酸化物230aを有することで、金属酸化物230aよりも下方に形成された構造物から、金属酸化物230bへの不純物の拡散を抑制することができる。また、金属酸化物230b上に金属酸化物230cを有することで、金属酸化物230cよりも上方に形成された構造物から、金属酸化物230bへの不純物の拡散を抑制することができる。

[0545]

なお、金属酸化物230は、各金属原子の原子数比が異なる複数の酸化物層の積層構造を有することが好ましい。例えば、金属酸化物230が、少なくともインジウム(In)と、元素Mと、を含む場合、金属酸化物230aを構成する全元素の原子数に対する、金属酸化物230aに含まれる元素Mの原子数の割合が、金属酸化物230bを構成する全元素の原子数に対する、金属酸化物230bに含まれる元素Mの原子数の割合より高いことが好ましい。また、金属酸化物230aに含まれる元素Mの、Inに対する原子数比が、金属酸化物230bに含まれる元素Mの、Inに対する原子数比より大きいことが好ましい。ここで、金属酸化物230cは、金属酸化物230aまたは金属酸化物230bに用いることができる金属酸化物を用いることができる。

[0546]

金属酸化物230a及び金属酸化物230cの伝導帯下端のエネルギーが、金属酸化物230bの伝導帯下端のエネルギーより高くなることが好ましい。また、言い換えると、金属酸化物230a及び金属酸化物230cの電子親和力が、金属酸化物230bの電子親和力より小さいことが好ましい。この場合、金属酸化物230cは、金属酸化物230aに用いることができる金属酸化物を用いることが好ましい。具体的には、金属酸化物230cを構成する全元素の原子数に対する、金属酸化物230cに含まれる元素Mの原子数の割合が、金属酸化物230bを構成する全元素の原子数に対する、金属酸化物230bに含まれる元素Mの原子数の割合より高いことが好ましい。また、金属酸化物230cに含まれる元素Mの、Inに対する原子数比が、金属酸化物230bに含

まれる元素Mの、 I_n に対する原子数比より大きいことが好ましい。

[0547]

ここで、金属酸化物230a、金属酸化物230b、及び金属酸化物230cの接合部において、伝導帯下端のエネルギー準位はなだらかに変化する。換言すると、金属酸化物230a、金属酸化物230b、及び金属酸化物230cの接合部における伝導帯下端のエネルギー準位は、連続的に変化または連続接合するともいうことができる。このようにするためには、金属酸化物230aと金属酸化物230bとの界面、及び金属酸化物230bと金属酸化物230cとの界面において形成される混合層の欠陥準位密度を低くするとよい。

[0548]

具体的には、金属酸化物230aと金属酸化物230b、金属酸化物230bと金属酸化物230cが、酸素以外に共通の元素を有する（主成分とする。）ことで、欠陥準位密度が低い混合層を形成することができる。例えば、金属酸化物230bが $I_n-Ga-Zn$ 酸化物の場合、金属酸化物230a及び金属酸化物230cとして、 $I_n-Ga-Zn$ 酸化物、 $Ga-Zn$ 酸化物、酸化ガリウム等を用いてもよい。また、金属酸化物230cを積層構造としてもよい。例えば、 $I_n-Ga-Zn$ 酸化物と、当該 $I_n-Ga-Zn$ 酸化物上の $Ga-Zn$ 酸化物との積層構造、または $I_n-Ga-Zn$ 酸化物と、当該 $I_n-Ga-Zn$ 酸化物上の酸化ガリウムとの積層構造を用いることができる。別言すると、 $I_n-Ga-Zn$ 酸化物と、 I_n を含まない酸化物との積層構造を、金属酸化物230cとして用いてもよい。

[0549]

具体的には、金属酸化物230aとして、 $I_n : Ga : Zn = 1 : 3 : 4$ [原子数比]、または $1 : 1 : 0.5$ [原子数比]の金属酸化物を用いればよい。また、金属酸化物230bとして、 $I_n : Ga : Zn = 4 : 2 : 3$ [原子数比]、または $3 : 1 : 2$ [原子数比]の金属酸化物を用いればよい。また、金属酸化物230cとして、 $I_n : Ga : Zn = 1 : 3 : 4$ [原子数比]、 $I_n : Ga : Zn = 4 : 2 : 3$ [原子数比]、 $Ga : Zn = 2 : 1$ [原子数比]、または $Ga : Zn = 2 : 5$ [原子数比]の金属酸化物を用いればよい。また、金属酸化物230cを積層構造とする場合の具体例として、 $I_n : Ga : Zn = 4 : 2 : 3$ [原子数比]と、 $Ga : Zn = 2 : 1$ [原子数比]との積層構造、 $I_n : Ga : Zn = 4 : 2 : 3$ [原子数比]と、 $Ga : Zn = 2 : 5$ [原子数比]との積層構造、 $I_n : Ga : Zn = 4 : 2 : 3$ [原子数比]と、酸化ガリウムとの積層構造等が挙げられる。

[0550]

このとき、キャリアの主たる経路は金属酸化物230bとなる。金属酸化物230a、金属酸化物230cを上述の構成とすることで、金属酸化物230aと金属酸化物230bとの界面、及び金属酸化物230bと金属酸化物230cとの界面における欠陥準位密度を低くすることができる。そのため、界面散乱によるキャリア伝導への影響が小さくなり、トランジスタ200Aは高いオン電流、及び高い周波数特性を得ることができる。なお、金属酸化物230cを積層構造とした場合、上述の金属酸化物230bと、金属酸化物230cとの界面における欠陥準位密度を低くする効果に加え、金属酸化物230cが有する構成元素が、絶縁体250側に拡散することを抑制することが期待される。より具体的には、金属酸化物230cを積層構造とし、積層構造の上方に I_n を含まない酸化物を位置させるため、絶縁体250側に拡散しうる I_n を抑制することができる。絶縁体250は、ゲート絶縁体として機能するため、 I_n が拡散した場合、トランジスタの特性不良と

なる。したがって、金属酸化物 230c を積層構造とすることで、信頼性の高い表示装置を提供することが可能となる。

[0551]

金属酸化物 230b 上には、ソース電極、及びドレイン電極として機能する導電体 242（導電体 242a、及び導電体 242b）が設けられる。導電体 242 として、アルミニウム、クロム、銅、銀、金、白金、タンタル、ニッケル、チタン、モリブデン、タングステン、ハフニウム、バナジウム、ニオブ、マンガン、マグネシウム、ジルコニウム、ベリリウム、インジウム、ルテニウム、イリジウム、ストロンチウム、ランタンから選ばれた金属元素、または上述した金属元素を成分とする合金か、上述した金属元素を組み合わせた合金等を用いることが好ましい。例えば、窒化タンタル、窒化チタン、タングステン、チタンとアルミニウムを含む窒化物、タンタルとアルミニウムを含む窒化物、酸化ルテニウム、窒化ルテニウム、ストロンチウムとルテニウムを含む酸化物、ランタンとニッケルを含む酸化物等を用いることが好ましい。また、窒化タンタル、窒化チタン、チタンとアルミニウムを含む窒化物、タンタルとアルミニウムを含む窒化物、酸化ルテニウム、窒化ルテニウム、ストロンチウムとルテニウムを含む酸化物、ランタンとニッケルを含む酸化物は、酸化しにくい導電性材料、または、酸素を吸収しても導電性を維持する材料であるため、好ましい。

[0552]

金属酸化物 230 と接するように上記導電体 242 を設けることで、金属酸化物 230 の導電体 242 近傍において、酸素濃度が低減する場合がある。また、金属酸化物 230 の導電体 242 近傍において、導電体 242 に含まれる金属と、金属酸化物 230 の成分とを含む金属化合物層が形成される場合がある。このような場合、金属酸化物 230 の導電体 242 近傍の領域において、キャリア密度が増加し、当該領域は、低抵抗領域となる。

[0553]

ここで、導電体 242a と導電体 242b の間の領域は、絶縁体 280 の開口に重畳して形成される。これにより、導電体 242a と導電体 242b の間に導電体 260 を自己整合的に配置することができる。

[0554]

絶縁体 250 は、ゲート絶縁体として機能する。絶縁体 250 は、金属酸化物 230c の上面に接して配置することが好ましい。絶縁体 250 は、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化酸化シリコン、窒化シリコン、フッ素を添加した酸化シリコン、炭素を添加した酸化シリコン、炭素及び窒素を添加した酸化シリコン、空孔を有する酸化シリコンを用いることができる。特に、酸化シリコン、及び酸化窒化シリコンは熱に対し安定であるため好ましい。

[0555]

絶縁体 250 は、絶縁体 224 と同様に、絶縁体 250 中の水または水素等の不純物濃度が低減されていることが好ましい。絶縁体 250 の膜厚は、1nm 以上 20nm 以下とするのが好ましい。

[0556]

絶縁体 250 と導電体 260 との間に金属酸化物を設けてもよい。当該金属酸化物は、絶縁体 250 から導電体 260 への酸素拡散を抑制することが好ましい。これにより、絶縁体 250 の酸素による導電体 260 の酸化を抑制することができる。

[0557]

当該金属酸化物は、ゲート絶縁体の一部としての機能を有する場合がある。したがって、絶縁体 2

50に酸化シリコンまたは酸化窒化シリコン等を用いる場合、当該金属酸化物は、比誘電率が高い high-k 材料である金属酸化物を用いることが好ましい。ゲート絶縁体を、絶縁体250と当該金属酸化物との積層構造とすることで、熱に対して安定、且つ比誘電率の高い積層構造とすることができる。したがって、ゲート絶縁体の物理膜厚を保持したまま、トランジスタ動作時に印加するゲート電位の低減化が可能となる。また、ゲート絶縁体として機能する絶縁体の等価酸化膜厚 (EOT) の薄膜化が可能となる。

[0558]

具体的には、ハフニウム、アルミニウム、ガリウム、イットリウム、ジルコニウム、タングステン、チタン、タンタル、ニッケル、ゲルマニウム、または、マグネシウム等から選ばれた一種、または二種以上が含まれた金属酸化物を用いることができる。特に、アルミニウム、またはハフニウムの一方または双方の酸化物を含む絶縁体である、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、アルミニウム及びハフニウムを含む酸化物 (ハフニウムアルミネート) 等を用いることが好ましい。

[0559]

導電体260は、図18では2層構造として示しているが、単層構造でもよいし、3層以上の積層構造であってもよい。

[0560]

導電体260aは、上述の、水素原子、水素分子、水分子、窒素原子、窒素分子、酸化窒素分子 (N_2O 、 NO 、 NO_2 等)、銅原子等の不純物の拡散を抑制する機能を有する導電体を用いることが好ましい。または、酸素 (例えば、酸素原子、酸素分子等の少なくとも一) の拡散を抑制する機能を有する導電性材料を用いることが好ましい。

[0561]

導電体260aが酸素の拡散を抑制する機能を持つことにより、絶縁体250に含まれる酸素により、導電体260bが酸化して導電率が低下することを抑制することができる。酸素の拡散を抑制する機能を有する導電性材料として、例えば、タンタル、窒化タンタル、ルテニウム、または酸化ルテニウム等を用いることが好ましい。

[0562]

導電体260bは、タングステン、銅、またはアルミニウムを主成分とする導電性材料を用いることが好ましい。また、導電体260は、配線としても機能するため、導電性が高い導電体を用いることが好ましい。例えば、タングステン、銅、またはアルミニウムを主成分とする導電性材料を用いることができる。また、導電体260bは積層構造としてもよく、例えば、チタンまたは窒化チタンと上記導電性材料との積層構造としてもよい。

[0563]

図18A及び図18Cに示すように、金属酸化物230bの導電体242と重ならない領域、言い換えると、金属酸化物230のチャンネル形成領域において、金属酸化物230の側面が導電体260で覆うように配置されている。これにより、第1のゲート電極としての機能する導電体260の電界を、金属酸化物230の側面に作用させやすくなる。よって、トランジスタ200Aのオン電流を増大させ、周波数特性を向上させることができる。

[0564]

絶縁体254は、絶縁体214等と同様に、水または水素等の不純物が、絶縁体280側からトランジスタ200Aに混入することを抑制するバリア絶縁膜として機能することが好ましい。例えば、

絶縁体 254 は、絶縁体 224 より水素透過性が低いことが好ましい。さらに、図 18B 及び図 18C に示すように、絶縁体 254 は、金属酸化物 230c の側面、導電体 242a の上面と側面、導電体 242b の上面と側面、金属酸化物 230a 及び金属酸化物 230b の側面、並びに絶縁体 224 の上面に接することが好ましい。このような構成にすることで、絶縁体 280 に含まれる水素が、導電体 242a、導電体 242b、金属酸化物 230a、金属酸化物 230b 及び絶縁体 224 の上面または側面から金属酸化物 230 に侵入することを抑制できる。

[0565]

さらに、絶縁体 254 は、酸素（例えば、酸素原子、酸素分子等の少なくとも一）の拡散を抑制する機能を有する（上記酸素が透過しにくい。）ことが好ましい。例えば、絶縁体 254 は、絶縁体 280 または絶縁体 224 より酸素透過性が低いことが好ましい。

[0566]

絶縁体 254 は、スパッタリング法を用いて成膜されることが好ましい。絶縁体 254 を、酸素を含む雰囲気中でスパッタリング法を用いて成膜することで、絶縁体 224 の絶縁体 254 と接する領域近傍に酸素を添加することができる。これにより、当該領域から、絶縁体 224 を介して金属酸化物 230 中に酸素を供給することができる。ここで、絶縁体 254 が、上方への酸素の拡散を抑制する機能を有することで、酸素が金属酸化物 230 から絶縁体 280 へ拡散することを防ぐことができる。また、絶縁体 222 が、下方への酸素の拡散を抑制する機能を有することで、酸素が金属酸化物 230 から基板側へ拡散することを防ぐことができる。このようにして、金属酸化物 230 のチャンネル形成領域に酸素が供給される。これにより、金属酸化物 230 の酸素欠損を低減し、トランジスタのノーマリーオン化を抑制することができる。

[0567]

絶縁体 254 として、例えば、アルミニウム及びハフニウム的一方または双方の酸化物を含む絶縁体を成膜するとよい。なお、アルミニウム及びハフニウム的一方または双方の酸化物を含む絶縁体として、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、アルミニウム及びハフニウムを含む酸化物（ハフニウムアルミネート）等を用いることが好ましい。

[0568]

水素に対してバリア性を有する絶縁体 254 によって、絶縁体 224、絶縁体 250、及び金属酸化物 230 が覆うことで、絶縁体 280 は、絶縁体 254 によって、絶縁体 224、金属酸化物 230、及び絶縁体 250 と隔離されている。これにより、トランジスタ 200A の外方から水素等の不純物が浸入することを抑制できるため、トランジスタ 200A に良好な電気特性及び信頼性を与えることができる。

[0569]

絶縁体 280 は、絶縁体 254 を介して、絶縁体 224、金属酸化物 230、及び導電体 242 上に設けられる。例えば、絶縁体 280 として、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化酸化シリコン、フッ素を添加した酸化シリコン、炭素を添加した酸化シリコン、炭素及び窒素を添加した酸化シリコン、または空孔を有する酸化シリコン等を有することが好ましい。特に、酸化シリコン及び酸化窒化シリコンは、熱的に安定であるため好ましい。特に、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、空孔を有する酸化シリコン等の材料は、加熱により脱離する酸素を含む領域を容易に形成することができるため好ましい。

[0570]

絶縁体 280 中の水または水素等の不純物濃度が低減されていることが好ましい。また、絶縁体 280 の上面は、平坦化されていてもよい。

[0571]

絶縁体 274 は、絶縁体 214 等と同様に、水または水素等の不純物が、上方から絶縁体 280 に混入することを抑制するバリア絶縁膜として機能することが好ましい。絶縁体 274 として、例えば、絶縁体 214、絶縁体 254 等に用いることができる絶縁体を用いればよい。

[0572]

絶縁体 274 の上に、層間膜として機能する絶縁体 281 を設けることが好ましい。絶縁体 281 は、絶縁体 224 等と同様に、膜中の水または水素等の不純物濃度が低減されていることが好ましい。

[0573]

絶縁体 281、絶縁体 274、絶縁体 280、及び絶縁体 254 に形成された開口に、導電体 240a 及び導電体 240b を配置する。導電体 240a 及び導電体 240b は、導電体 260 を挟んで対向して設ける。なお、導電体 240a 及び導電体 240b の上面の高さは、絶縁体 281 の上面と、同一平面上としてもよい。

[0574]

なお、絶縁体 281、絶縁体 274、絶縁体 280、及び絶縁体 254 の開口の内壁に接して、絶縁体 241a が設けられ、その側面に接して導電体 240a の第 1 の導電体が形成されている。当該開口の底部の少なくとも一部には導電体 242a が位置しており、導電体 240a が導電体 242a と接する。同様に、絶縁体 281、絶縁体 274、絶縁体 280、及び絶縁体 254 の開口の内壁に接して、絶縁体 241b が設けられ、その側面に接して導電体 240b の第 1 の導電体が形成されている。当該開口の底部の少なくとも一部には導電体 242b が位置しており、導電体 240b が導電体 242b と接する。

[0575]

導電体 240a 及び導電体 240b は、タングステン、銅、またはアルミニウムを主成分とする導電性材料を用いることが好ましい。また、導電体 240a 及び導電体 240b は積層構造としてもよい。

[0576]

導電体 240 を積層構造とする場合、金属酸化物 230a、金属酸化物 230b、導電体 242、絶縁体 254、絶縁体 280、絶縁体 274、絶縁体 281 と接する導電体には、上述の、水または水素等の不純物の拡散を抑制する機能を有する導電体を用いることが好ましい。例えば、タンタル、窒化タンタル、チタン、窒化チタン、ルテニウム、または酸化ルテニウム等を用いることが好ましい。また、水または水素等の不純物の拡散を抑制する機能を有する導電性材料は、単層または積層で用いてもよい。当該導電性材料を用いることで、絶縁体 280 に添加された酸素が導電体 240a 及び導電体 240b に吸収されることを抑制できる。また、絶縁体 281 より上層から水または水素等の不純物が、導電体 240a 及び導電体 240b を通じて金属酸化物 230 に混入することを抑制できる。

[0577]

絶縁体 241a 及び絶縁体 241b として、例えば、絶縁体 254 等に用いることができる絶縁体を用いればよい。絶縁体 241a 及び絶縁体 241b は、絶縁体 254 に接して設けられるため、

絶縁体 280 等から水または水素等の不純物が、導電体 240 a 及び導電体 240 b を通じて金属酸化物 230 に混入することを抑制できる。また、絶縁体 280 に含まれる酸素が導電体 240 a 及び導電体 240 b に吸収されることを抑制できる。

[0578]

図示しないが、導電体 240 a の上面、及び導電体 240 b の上面に接して配線として機能する導電体を配置してもよい。配線として機能する導電体は、タングステン、銅、またはアルミニウムを主成分とする導電性材料を用いることが好ましい。また、当該導電体は、積層構造としてもよく、例えば、チタンまたは窒化チタンと上記導電性材料との積層としてもよい。当該導電体は、絶縁体に設けられた開口に埋め込むように形成してもよい。

[0579]

<トランジスタの構成材料>

トランジスタに用いることができる構成材料について説明する。

[0580]

[基板]

トランジスタ 200 A を形成する基板として、例えば、絶縁体基板、半導体基板、または導電体基板を用いればよい。絶縁体基板として、例えば、ガラス基板、石英基板、サファイア基板、安定化ジルコニア基板（イットリア安定化ジルコニア基板等）、樹脂基板等がある。また、半導体基板として、例えば、シリコン、ゲルマニウム等の半導体基板、または炭化シリコン、シリコンゲルマニウム、ヒ化ガリウム、リン化インジウム、酸化亜鉛、酸化ガリウムからなる化合物半導体基板等がある。さらには、前述の半導体基板内部に絶縁体領域を有する半導体基板、例えば、SOI（Silicon On Insulator）基板等がある。導電体基板として、黒鉛基板、金属基板、合金基板、導電性樹脂基板等がある。または、金属の窒化物を有する基板、金属の酸化物を有する基板等がある。さらには、絶縁体基板に導電体または半導体が設けられた基板、半導体基板に導電体または絶縁体が設けられた基板、導電体基板に半導体または絶縁体が設けられた基板等がある。または、これらの基板に素子が設けられたものを用いてもよい。基板に設けられる素子として、容量素子、抵抗素子、スイッチ素子、発光素子、記憶素子等がある。

[0581]

[絶縁体]

絶縁体として、絶縁性を有する酸化物、窒化物、酸化窒化物、窒化酸化物、金属酸化物、金属酸化窒化物、金属窒化酸化物等がある。

[0582]

例えば、トランジスタの微細化、及び高集積化が進むと、ゲート絶縁体の薄膜化により、リーク電流等の問題が生じる場合がある。ゲート絶縁体として機能する絶縁体に、high-k 材料を用いることで物理膜厚を保ちながら、トランジスタ動作時の低電圧化が可能となる。一方、層間膜として機能する絶縁体には、比誘電率が低い材料を用いることで、配線間に生じる寄生容量を低減することができる。したがって、絶縁体の機能に応じて、材料を選択するとよい。

[0583]

比誘電率の高い絶縁体として、酸化ガリウム、酸化ハフニウム、酸化ジルコニウム、アルミニウム及びハフニウムを有する酸化物、アルミニウム及びハフニウムを有する酸化窒化物、シリコン及びハフニウムを有する酸化物、シリコン及びハフニウムを有する酸化窒化物、またはシリコン及びハ

フニウムを有する窒化物等がある。

[0584]

比誘電率が低い絶縁体として、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化酸化シリコン、窒化シリコン、フッ素を添加した酸化シリコン、炭素を添加した酸化シリコン、炭素及び窒素を添加した酸化シリコン、空孔を有する酸化シリコン、または樹脂等がある。

[0585]

酸化物半導体を用いたトランジスタは、水素等の不純物及び酸素の透過を抑制する機能を有する絶縁体（絶縁体214、絶縁体222、絶縁体254、及び絶縁体274等）で囲うことによって、トランジスタの電気特性を安定にすることができる。水素等の不純物及び酸素の透過を抑制する機能を有する絶縁体として、例えば、ホウ素、炭素、窒素、酸素、フッ素、マグネシウム、アルミニウム、シリコン、リン、塩素、アルゴン、ガリウム、ゲルマニウム、イットリウム、ジルコニウム、ランタン、ネオジム、ハフニウム、またはタンタルを含む絶縁体を、単層で、または積層で用いればよい。具体的には、水素等の不純物及び酸素の透過を抑制する機能を有する絶縁体として、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化ガリウム、酸化ゲルマニウム、酸化イットリウム、酸化ジルコニウム、酸化ランタン、酸化ネオジム、酸化ハフニウム、または酸化タンタル等の金属酸化物、窒化アルミニウム、窒化アルミニウムチタン、窒化チタン、窒化酸化シリコンまたは窒化シリコン等の金属窒化物を用いることができる。

[0586]

ゲート絶縁体として機能する絶縁体は、加熱により脱離する酸素を含む領域を有する絶縁体であることが好ましい。例えば、加熱により脱離する酸素を含む領域を有する酸化シリコンまたは酸化窒化シリコンを金属酸化物230と接する構造とすることで、金属酸化物230が有する酸素欠損を補償することができる。

[0587]

[導電体]

導電体として、アルミニウム、クロム、銅、銀、金、白金、タンタル、ニッケル、チタン、モリブデン、タングステン、ハフニウム、バナジウム、ニオブ、マンガン、マグネシウム、ジルコニウム、ベリリウム、インジウム、ルテニウム、イリジウム、ストロンチウム、ランタン等から選ばれた金属元素、または上述した金属元素を成分とする合金か、上述した金属元素を組み合わせた合金等を用いることが好ましい。例えば、窒化タンタル、窒化チタン、タングステン、チタンとアルミニウムを含む窒化物、タンタルとアルミニウムを含む窒化物、酸化ルテニウム、窒化ルテニウム、ストロンチウムとルテニウムを含む酸化物、ランタンとニッケルを含む酸化物等を用いることが好ましい。また、窒化タンタル、窒化チタン、チタンとアルミニウムを含む窒化物、タンタルとアルミニウムを含む窒化物、酸化ルテニウム、窒化ルテニウム、ストロンチウムとルテニウムを含む酸化物、ランタンとニッケルを含む酸化物は、酸化しにくい導電性材料、または、酸素を吸収しても導電性を維持する材料であるため、好ましい。また、リン等の不純物元素を含有させた多結晶シリコンに代表される、電気伝導度が高い半導体、ニッケルシリサイド等のシリサイドを用いてもよい。

[0588]

上記の材料で形成される導電体を複数積層して用いてもよい。例えば、前述した金属元素を含む材料と、酸素を含む導電性材料と、を組み合わせた積層構造としてもよい。また、前述した金属元素を含む材料と、窒素を含む導電性材料と、を組み合わせた積層構造としてもよい。また、前述した

金属元素を含む材料と、酸素を含む導電性材料と、窒素を含む導電性材料と、を組み合わせた積層構造としてもよい。

[0589]

なお、トランジスタのチャネル形成領域に金属酸化物を用いる場合において、ゲート電極として機能する導電体には、前述した金属元素を含む材料と、酸素を含む導電性材料と、を組み合わせた積層構造を用いることが好ましい。この場合は、酸素を含む導電性材料をチャネル形成領域側に設けるとよい。酸素を含む導電性材料をチャネル形成領域側に設けることで、当該導電性材料から離脱した酸素がチャネル形成領域に供給されやすくなる。

[0590]

特に、ゲート電極として機能する導電体として、チャネルが形成される金属酸化物に含まれる金属元素及び酸素を含む導電性材料を用いることが好ましい。また、前述した金属元素及び窒素を含む導電性材料を用いてもよい。例えば、窒化チタン、窒化タンタル等の窒素を含む導電性材料を用いてもよい。また、インジウム錫酸化物、酸化タングステンを含むインジウム酸化物、酸化タングステンを含むインジウム亜鉛酸化物、酸化チタンを含むインジウム酸化物、酸化チタンを含むインジウム錫酸化物、インジウム亜鉛酸化物、シリコンを添加したインジウム錫酸化物を用いてもよい。また、窒素を含むインジウムガリウム亜鉛酸化物を用いてもよい。このような材料を用いることで、チャネルが形成される金属酸化物に含まれる水素を捕獲することができる場合がある。または、外方の絶縁体等から混入する水素を捕獲することができる場合がある。

[0591]

本実施の形態は、少なくともその一部を本明細書中に記載する他の実施の形態と適宜組み合わせる実施することができる。

[0592]

(実施の形態6)

本実施の形態では、上記の実施の形態で説明したOSトランジスタに用いることができる金属酸化物（以下、酸化物半導体ともいう。）について説明する。

[0593]

<結晶構造の分類>

まず、酸化物半導体における、結晶構造の分類について、図19Aを用いて説明を行う。図19Aは、酸化物半導体、代表的にはIGZO（Inと、Gaと、Znと、を含む金属酸化物）の結晶構造の分類を説明する図である。

[0594]

図19Aに示すように、酸化物半導体は、大きく分けて「Amorphous（無定形）」と、「Crystalline（結晶性）」と、「Crystal（結晶）」と、に分類される。また、「Amorphous」の中には、completely amorphousが含まれる。また、「Crystalline」の中には、CAAC（c-axis-aligned crystalline）、nc（nanocrystalline）、及びCAC（cloud-aligned composite）が含まれる。なお、「Crystalline」の分類には、single crystal、poly crystal、及びcompletely amorphousは除かれる。また、「Crystal」の中には、single crystal、及びpoly crystalが含まれる。

[0595]

なお、図19Aに示す太枠内の構造は、「Amorphous（無定形）」と、「Crystal（結晶）」との間の中間状態であり、新しい境界領域（New crystalline phase）に属する構造である。すなわち、当該構造は、エネルギー的に不安定な「Amorphous（無定形）」および「Crystal（結晶）」とは全く異なる構造と言い換えることができる。

[0596]

なお、膜または基板の結晶構造は、X線回折（XRD：X-Ray Diffraction）スペクトルを用いて評価することができる。ここで、「Crystalline」に分類されるCAAC-IGZO膜のGIXD（Grazing-Incidence XRD）測定で得られるXRDスペクトルを図19Bに示す。なお、GIXD法は、薄膜法またはSeemann-Bohlin法ともいう。以降、図19Bに示すGIXD測定で得られるXRDスペクトルを、単にXRDスペクトルと記す。なお、図19Bに示すCAAC-IGZO膜の組成は、In：Ga：Zn＝4：2：3 [原子数比] 近傍である。また、図19Bに示すCAAC-IGZO膜の厚さは、500nmである。

[0597]

図19Bに示すように、CAAC-IGZO膜のXRDスペクトルでは、明確な結晶性を示すピークが検出される。具体的には、CAAC-IGZO膜のXRDスペクトルでは、 $2\theta = 31^\circ$ 近傍に、c軸配向を示すピークが検出される。なお、図19Bに示すように、 $2\theta = 31^\circ$ 近傍のピークは、ピーク強度が検出された角度を軸に左右非対称である。

[0598]

膜または基板の結晶構造は、極微電子線回折法（NBED：Nano Beam Electron Diffraction）によって観察される回折パターン（極微電子線回折パターンともいう。）にて評価することができる。CAAC-IGZO膜の回折パターンを、図19Cに示す。図19Cは、電子線を基板に対して平行に入射するNBEDによって観察される回折パターンである。なお、図19Cに示すCAAC-IGZO膜の組成は、In：Ga：Zn＝4：2：3 [原子数比] 近傍である。また、極微電子線回折法では、プローブ径を1nmとして電子線回折が行われる。

[0599]

図19Cに示すように、CAAC-IGZO膜の回折パターンでは、c軸配向を示す複数のスポットが観察される。

[0600]

[酸化物半導体の構造]

なお、酸化物半導体は、結晶構造に着目した場合、図19Aとは異なる分類となる場合がある。例えば、酸化物半導体は、単結晶酸化物半導体と、それ以外の非単結晶酸化物半導体と、に分けられる。非単結晶酸化物半導体として、例えば、上述のCAAC-OS、及びnc-OSがある。また、非単結晶酸化物半導体には、多結晶酸化物半導体、擬似非晶質酸化物半導体（a-like OS：amorphous-like oxide semiconductor）、非晶質酸化物半導体、等が含まれる。

[0601]

ここで、上述のCAAC-OS、nc-OS、及びa-like OSの詳細について、説明を行う。

[0602]

[CAAC-OS]

CAAC-OSは、複数の結晶領域を有し、当該複数の結晶領域はc軸が特定の方向に配向している酸化物半導体である。なお、特定の方向とは、CAAC-OS膜の厚さ方向、CAAC-OS膜の被形成面の法線方向、またはCAAC-OS膜の表面の法線方向である。また、結晶領域とは、原子配列に周期性を有する領域である。なお、原子配列を格子配列とみなすと、結晶領域とは、格子配列の揃った領域でもある。さらに、CAAC-OSは、a-b面方向において複数の結晶領域が連結する領域を有し、当該領域は歪みを有する場合がある。なお、歪みとは、複数の結晶領域が連結する領域において、格子配列の揃った領域と、別の格子配列の揃った領域と、の間で格子配列の向きが変化している箇所を指す。つまり、CAAC-OSは、c軸配向し、a-b面方向には明らかな配向をしていない酸化物半導体である。

[0603]

なお、上記複数の結晶領域のそれぞれは、1つまたは複数の微小な結晶（最大径が10nm未満である結晶）で構成される。結晶領域が1つの微小な結晶で構成されている場合、当該結晶領域の最大径は10nm未満となる。また、結晶領域が多数の微小な結晶で構成されている場合、当該結晶領域の大きさは、数十nm程度となる場合がある。

[0604]

In-M-Zn酸化物（元素Mは、アルミニウム、ガリウム、イットリウム、スズ、チタン等から選ばれた一種、または複数種）において、CAAC-OSは、インジウム（In）、及び酸素を有する層（以下、In層）と、元素M、亜鉛（Zn）、及び酸素を有する層（以下、（M, Zn）層）とが積層した、層状の結晶構造（層状構造ともいう）を有する傾向がある。なお、インジウムと元素Mは、互いに置換可能である。よって、（M, Zn）層にはインジウムが含まれる場合がある。また、In層には元素Mが含まれる場合がある。なお、In層にはZnが含まれる場合もある。当該層状構造は、例えば、高分解能TEM像において、格子像として観察される。

[0605]

CAAC-OS膜に対し、例えば、XRD装置を用いて構造解析を行うと、 $\theta/2\theta$ スキャンを用いたOut-of-plane XRD測定では、c軸配向を示すピークが $2\theta = 31^\circ$ またはその近傍に検出される。なお、c軸配向を示すピークの位置（ 2θ の値）は、CAAC-OSを構成する金属元素の種類、組成等により変動する場合がある。

[0606]

例えば、CAAC-OS膜の電子線回折パターンにおいて、複数の輝点（スポット）が観測される。なお、あるスポットと別のスポットとは、試料を透過した入射電子線のスポット（ダイレクトスポットともいう。）を対称中心として、点对称の位置に観測される。

[0607]

上記特定の方向から結晶領域を観察した場合、当該結晶領域内の格子配列は、六方格子を基本とするが、単位格子は正六角形とは限らず、非正六角形である場合がある。また、上記歪みにおいて、五角形、七角形等の格子配列を有する場合がある。なお、CAAC-OSにおいて、歪み近傍においても、明確な結晶粒界（グレインバウンダリー）を確認することはできない。即ち、格子配列の歪みによって、結晶粒界の形成が抑制されていることがわかる。これは、CAAC-OSが、a-b面方向において酸素原子の配列が稠密でないことおよび、金属原子が置換することで原子間の結

合距離が変化すること等によって、歪みを許容することができるためと考えられる。

[0608]

なお、明確な結晶粒界が確認される結晶構造は、いわゆる多結晶 (polycrystal) と呼ばれる。結晶粒界は、再結合中心となり、キャリアが捕獲されトランジスタのオン電流の低下、電界効果移動度の低下等を引き起こす可能性が高い。よって、明確な結晶粒界が確認されないCAAC-OSは、トランジスタの半導体層に好適な結晶構造を有する結晶性の酸化物の一つである。なお、CAAC-OSを構成するには、Znを有する構成が好ましい。例えば、In-Zn酸化物、及びIn-Ga-Zn酸化物は、In酸化物よりも結晶粒界の発生を抑制できるため好適である。

[0609]

CAAC-OSは、結晶性が高く、明確な結晶粒界が確認されない酸化物半導体である。よって、CAAC-OSは、結晶粒界に起因する電子移動度の低下が起こりにくいといえる。また、酸化物半導体の結晶性は不純物の混入または欠陥の生成等によって低下する場合があるため、CAAC-OSは不純物または欠陥（酸素欠損等）の少ない酸化物半導体ともいえる。従って、CAAC-OSを有する酸化物半導体は、物理的性質が安定する。そのため、CAAC-OSを有する酸化物半導体は熱に強く、信頼性が高い。また、CAAC-OSは、製造工程における高い温度（所謂サーマルバジェット）に対しても安定である。したがって、OSトランジスタにCAAC-OSを用いると、製造工程の自由度を広げることが可能となる。

[0610]

[nc-OS]

nc-OSは、微小な領域（例えば、1nm以上10nm以下の領域、特に1nm以上3nm以下の領域）において原子配列に周期性を有する。別言すると、nc-OSは、微小な結晶を有する。なお、当該微小な結晶の大きさは、例えば、1nm以上10nm以下、特に1nm以上3nm以下であることから、当該微小な結晶をナノ結晶ともいう。また、nc-OSは、異なるナノ結晶間で結晶方位に規則性が見られない。そのため、膜全体で配向性が見られない。したがって、nc-OSは、分析方法によっては、a-like OSまたは非晶質酸化物半導体と区別が付かない場合がある。例えば、nc-OS膜に対し、XRD装置を用いて構造解析を行うと、 $\theta/2\theta$ スキャンを用いたOut-of-plane XRD測定では、結晶性を示すピークが検出されない。また、nc-OS膜に対し、ナノ結晶よりも大きいプローブ径（例えば50nm以上）の電子線を用いる電子線回折（制限視野電子線回折ともいう。）を行うと、ハローパターンのような回折パターンが観測される。一方、nc-OS膜に対し、ナノ結晶の大きさと近いナノ結晶より小さいプローブ径（例えば1nm以上30nm以下）の電子線を用いる電子線回折（ナノビーム電子線回折ともいう。）を行うと、ダイレクトスポットを中心とするリング状の領域内に複数のスポットが観測される電子線回折パターンが取得される場合がある。

[0611]

[a-like OS]

a-like OSは、nc-OSと非晶質酸化物半導体との間の構造を有する酸化物半導体である。a-like OSは、鬆または低密度領域を有する。即ち、a-like OSは、nc-OS及びCAAC-OSと比べて、結晶性が低い。また、a-like OSは、nc-OS及びCAAC-OSと比べて、膜中の水素濃度が高い。

[0612]

[酸化半導体の構成]

次に、上述のCAC-OSの詳細について、説明を行う。なお、CAC-OSは材料構成に関する。

[0613]

[CAC-OS]

CAC-OSとは、例えば、金属酸化物を構成する元素が、0.5nm以上10nm以下、好ましくは、1nm以上3nm以下、またはその近傍のサイズで偏在した材料の一構成である。なお、以下では、金属酸化物において、一つまたは複数の金属元素が偏在し、該金属元素を有する領域が、0.5nm以上10nm以下、好ましくは、1nm以上3nm以下、またはその近傍のサイズで混合した状態をモザイク状、またはパッチ状ともいう。

[0614]

さらに、CAC-OSとは、第1の領域と、第2の領域と、に材料が分離することでモザイク状となり、当該第1の領域が、膜中に分布した構成（以下、クラウド状ともいう。）である。つまり、CAC-OSは、当該第1の領域と、当該第2の領域とが、混合している構成を有する複合金属酸化物である。

[0615]

ここで、In-Ga-Zn酸化物におけるCAC-OSを構成する金属元素に対するIn、Ga、及びZnの原子数比のそれぞれを、[In]、[Ga]、及び[Zn]と表記する。例えば、In-Ga-Zn酸化物におけるCAC-OSにおいて、第1の領域は、[In]が、CAC-OS膜の組成における[In]よりも大きい領域である。また、第2の領域は、[Ga]が、CAC-OS膜の組成における[Ga]よりも大きい領域である。または、例えば、第1の領域は、[In]が、第2の領域における[In]よりも大きく、且つ、[Ga]が、第2の領域における[Ga]よりも小さい領域である。また、第2の領域は、[Ga]が、第1の領域における[Ga]よりも大きく、且つ、[In]が、第1の領域における[In]よりも小さい領域である。

[0616]

具体的には、上記第1の領域は、インジウム酸化物、インジウム亜鉛酸化物等が主成分である領域である。また、上記第2の領域は、ガリウム酸化物、ガリウム亜鉛酸化物等が主成分である領域である。つまり、上記第1の領域を、Inを主成分とする領域と言い換えることができる。また、上記第2の領域を、Gaを主成分とする領域と言い換えることができる。

[0617]

なお、上記第1の領域と、上記第2の領域とは、明確な境界が観察できない場合がある。

[0618]

例えば、In-Ga-Zn酸化物におけるCAC-OSでは、エネルギー分散型X線分光法（EDX: Energy Dispersive X-ray spectroscopy）を用いて取得したEDXマッピングにより、Inを主成分とする領域（第1の領域）と、Gaを主成分とする領域（第2の領域）とが、偏在し、混合している構造を有することが確認できる。

[0619]

CAC-OSをトランジスタに用いる場合、第1の領域に起因する導電性と、第2の領域に起因する絶縁性とが、相補的に作用することにより、スイッチングさせる機能（On/Offさせる機能）をCAC-OSに付与することができる。つまり、CAC-OSとは、材料の一部では導電性の機能と、材料の一部では絶縁性の機能とを有し、材料の全体では半導体としての機能を有する。導電

性の機能と絶縁性の機能とを分離させることで、双方の機能を最大限に高めることができる。よって、CAC-OSをトランジスタに用いることで、高いオン電流 (I_{on})、高い電界効果移動度 (μ)、及び良好なスイッチング動作を実現することができる。

[0620]

酸化物半導体は、多様な構造をとり、それぞれが異なる特性を有する。本発明の一態様の酸化物半導体は、非晶質酸化物半導体、多結晶酸化物半導体、*a-like* OS、CAC-OS、nc-OS、CAAC-OSのうち、二種以上を有していてもよい。

[0621]

<酸化物半導体を有するトランジスタ>

続いて、上記酸化物半導体をトランジスタに用いる場合について説明する。

[0622]

上記酸化物半導体をトランジスタに用いることで、高い電界効果移動度のトランジスタを実現することができる。また、信頼性の高いトランジスタを実現することができる。

[0623]

トランジスタには、キャリア濃度の低い酸化物半導体を用いることが好ましい。例えば、酸化物半導体のキャリア濃度は $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下、好ましくは $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 以下、さらに好ましくは $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ 以下、より好ましくは $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 以下、さらに好ましくは $1 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ 未満であり、 $1 \times 10^{-9} \text{ cm}^{-3}$ 以上である。なお、酸化物半導体膜のキャリア濃度を低くする場合においては、酸化物半導体膜中の不純物濃度を低くし、欠陥準位密度を低くすればよい。本明細書等において、不純物濃度が低く、欠陥準位密度の低いことを高純度真性または実質的に高純度真性と言う。なお、キャリア濃度の低い酸化物半導体を、高純度真性または実質的に高純度真性な酸化物半導体と呼ぶ場合がある。

[0624]

高純度真性または実質的に高純度真性である酸化物半導体膜は、欠陥準位密度が低いため、トラップ準位密度も低くなる場合がある。

[0625]

酸化物半導体のトラップ準位に捕獲された電荷は、消失するまでに要する時間が長く、あたかも固定電荷のように振る舞うことがある。そのため、トラップ準位密度の高い酸化物半導体にチャネル形成領域が形成されるトランジスタは、電気特性が不安定となる場合がある。

[0626]

従って、トランジスタの電気特性を安定にするためには、酸化物半導体中の不純物濃度を低減することが有効である。また、酸化物半導体中の不純物濃度を低減するためには、近接する膜中の不純物濃度も低減することが好ましい。不純物は、水素、窒素、アルカリ金属、アルカリ土類金属、鉄、ニッケル、シリコン等がある。

[0627]

<不純物>

ここで、酸化物半導体中における各不純物の影響について説明する。

[0628]

酸化物半導体において、第14族元素の一つであるシリコンまたは炭素が含まれると、酸化物半導体において欠陥準位が形成される。このため、酸化物半導体におけるシリコンまたは炭素の濃度と、

酸化物半導体との界面近傍のシリコンまたは炭素の濃度（SIMSにより得られる濃度）を、 $2 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、好ましくは $2 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下とする。

[0629]

酸化物半導体にアルカリ金属またはアルカリ土類金属が含まれると、欠陥準位を形成し、キャリアを生成する場合がある。従って、アルカリ金属またはアルカリ土類金属が含まれている酸化物半導体を用いたトランジスタはノーマリーオン特性となりやすい。このため、SIMSにより得られる酸化物半導体中のアルカリ金属またはアルカリ土類金属の濃度を、 $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、好ましくは $2 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下にする。

[0630]

酸化物半導体において、窒素が含まれると、キャリアである電子が生じ、キャリア濃度が増加し、n型化しやすい。この結果、窒素が含まれている酸化物半導体を半導体を用いたトランジスタはノーマリーオン特性となりやすい。または、酸化物半導体において、窒素が含まれると、トラップ準位が形成される場合がある。この結果、トランジスタの電気特性が不安定となる場合がある。このため、SIMSにより得られる酸化物半導体中の窒素濃度を、 $5 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 未満、好ましくは $5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、より好ましくは $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、さらに好ましくは $5 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下にする。

[0631]

酸化物半導体に含まれる水素は、金属原子と結合する酸素と反応して水になるため、酸素欠損を形成する場合がある。該酸素欠損に水素が入ることで、キャリアである電子が生成される場合がある。また、水素の一部が金属原子と結合する酸素と結合して、キャリアである電子を生成することがある。従って、水素が含まれている酸化物半導体を用いたトランジスタはノーマリーオン特性となりやすい。このため、酸化物半導体中の水素はできる限り低減されていることが好ましい。具体的には、酸化物半導体において、SIMSにより得られる水素濃度を、 $1 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 未満、好ましくは $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 未満、より好ましくは $5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 未満、さらに好ましくは $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 未満にする。

[0632]

不純物が十分に低減された酸化物半導体をトランジスタのチャネル形成領域に用いることで、安定した電気特性を付与することができる。

[0633]

本実施の形態は、少なくともその一部を本明細書中に記載する他の実施の形態と適宜組み合わせる実施することができる。

[0634]

(実施の形態7)

本実施の形態では、本発明の一態様である表示装置、及び表示システムを備える電子機器について説明する。

[0635]

図20Aは、ヘッドマウントディスプレイ8200の外観を示す図である。

[0636]

ヘッドマウントディスプレイ8200は、装着部8201、レンズ8202、本体8203、表示部8204、ケーブル8205等を有している。また装着部8201には、バッテリー8206が内

蔵されている。

[0637]

ケーブル8205は、バッテリー8206から本体8203に電力を供給する。本体8203は無線受信機等を備え、受信した画像データ等に対応する画像を表示部8204に表示させることができる。また、本体8203に設けられたカメラで使用者の眼球またはまぶたの動きを捉え、その情報をもとに使用者の視線の座標を算出することにより、使用者の視線を入力手段として用いることができる。

[0638]

装着部8201には、使用者に触れる位置に複数の電極が設けられていてもよい。本体8203は使用者の眼球の動きに伴って電極に流れる電流を検知することにより、使用者の視線を認識する機能を有していてもよい。また、当該電極に流れる電流を検知することにより、使用者の脈拍をモニターする機能を有していてもよい。また、装着部8201には、温度センサ、圧力センサ、加速度センサ等の各種センサを有していてもよく、使用者の生体情報を表示部8204に表示する機能を有していてもよい。また、使用者の頭部の動き等を検出し、表示部8204に表示する画像をその動きに合わせて変化させてもよい。

[0639]

表示部8204に、本発明の一態様の表示装置を適用することができる。これにより、ヘッドマウントディスプレイ8200の消費電力を低減することができるため、ヘッドマウントディスプレイ8200を長期間連続して使用できる。また、ヘッドマウントディスプレイ8200の消費電力を低減することにより、バッテリー8206を小型化、及び軽量化することができるため、ヘッドマウントディスプレイ8200を小型化、及び軽量化することができる。これにより、ヘッドマウントディスプレイ8200の使用者の負担を小さくし、当該使用者が疲労を感じにくくすることができる。

[0640]

図20B、図20C及び図20Dは、ヘッドマウントディスプレイ8300の外観を示す図である。ヘッドマウントディスプレイ8300は、筐体8301と、表示部8302と、バンド状の固定具8304と、一対のレンズ8305と、を有する。また、筐体8301にはバッテリー8306が内蔵されており、バッテリー8306から表示部8302等に電力を供給することができる。

[0641]

使用者は、レンズ8305を通して、表示部8302の表示を視認することができる。なお、表示部8302を湾曲して配置させると好適である。表示部8302を湾曲して配置することで、使用者が高い臨場感を感じることができる。なお、本実施の形態においては、表示部8302を1つ設ける構成について例示したが、これに限定されず、例えば、表示部8302を2つ設ける構成としてもよい。この場合、使用者の片方の目に1つの表示部が配置されるような構成とすると、視差を用いた3次元表示等を行うことも可能となる。

[0642]

なお、表示部8302に、本発明の一態様の表示装置を適用することができる。これにより、ヘッドマウントディスプレイ8300の消費電力を低減することができるため、ヘッドマウントディスプレイ8300を長期間連続して使用できる。また、ヘッドマウントディスプレイ8300の消費電力を低減することにより、バッテリー8306を小型化、及び軽量化することができるため、ヘッ

ドマウントディスプレイ 8300 を小型化、及び軽量化することができる。これにより、ヘッドマウントディスプレイ 8300 の使用者の負担を小さくし、当該使用者が疲労を感じにくくすることができる。

[0643]

次に、図 20A 乃至図 20D に示す電子機器と、異なる電子機器の一例を図 21A 及び図 21B に示す。

[0644]

図 21A 及び図 21B に示す電子機器は、筐体 9000、表示部 9001、スピーカ 9003、操作キー 9005（電源スイッチ、または操作スイッチを含む）、接続端子 9006、センサ 9007（力、変位、位置、速度、加速度、角速度、回転数、距離、光、液、磁気、温度、化学物質、音声、時間、硬度、電場、電流、電圧、電力、放射線、流量、湿度、傾度、振動、におい、または赤外線を測定する機能を含むもの）、及びバッテリー 9009 等を有する。

[0645]

図 21A 及び図 21B に示す電子機器は、様々な機能を有する。例えば、様々な情報（静止画、動画、テキスト画像等）を表示部に表示する機能、タッチパネル機能、カレンダー、日付、または時刻等を表示する機能、様々なソフトウェア（プログラム）によって処理を制御する機能、無線通信機能、無線通信機能を用いて様々なコンピュータネットワークに接続する機能、無線通信機能を用いて様々なデータの送信または受信を行う機能、記録媒体に記録されているプログラムまたはデータを読み出して表示部に表示する機能、等を有することができる。なお、図 21A 及び図 21B に示す電子機器が有することのできる機能はこれらに限定されず、様々な機能を有することができる。また、図 21A 及び図 21B には図示していないが、電子機器には、複数の表示部を有する構成としてもよい。また、該電子機器にカメラ等を設け、静止画を撮影する機能、動画を撮影する機能、撮影した画像を記録媒体（外部またはカメラに内蔵）に保存する機能、撮影した画像を表示部に表示する機能、等を有していてもよい。

[0646]

図 21A 及び図 21B に示す電子機器の詳細について、以下説明を行う。

[0647]

図 21A は、携帯情報端末 9101 を示す斜視図である。携帯情報端末 9101 は、例えば電話機、手帳、または情報閲覧装置等から選ばれた一つまたは複数の機能を有する。具体的には、スマートフォンとして用いることができる。また、携帯情報端末 9101 は、文字または画像をその複数の面に表示することができる。例えば、3つの操作ボタン 9050（操作アイコンまたは単にアイコンともいう）を表示部 9001 の一の面に表示することができる。また、破線の矩形で示す情報 9051 を表示部 9001 の他の面に表示することができる。なお、情報 9051 の一例として、電子メールまたは SNS（ソーシャル・ネットワーキング・サービス）または電話等の着信を知らせる表示、電子メールまたは SNS 等の題名、電子メールまたは SNS 等の送信者名、日時、時刻、バッテリーの残量、アンテナ受信の強度等がある。または、情報 9051 が表示されている位置に、情報 9051 の代わりに、操作ボタン 9050 等を表示してもよい。

[0648]

携帯情報端末 9101 に、本発明の一態様の表示装置を適用することができる。これにより、携帯情報端末 9101 の消費電力を低減することができるため、携帯情報端末 9101 を長期間連続し

て使用できる。また、携帯情報端末9101の消費電力を低減することにより、バッテリー9009を小型化、及び軽量化することができるため、携帯情報端末9101を小型化、及び軽量化することができる。これにより、携帯情報端末9101の携帯性を高めることができる。

[0649]

図21Bは、腕時計型の携帯情報端末9200を示す斜視図である。携帯情報端末9200は、携帯電話、電子メール、文章閲覧及び作成、音楽再生、インターネット通信、コンピュータゲーム等の種々のアプリケーションを実行することができる。また、表示部9001はその表示面が湾曲して設けられ、湾曲した表示面に沿って表示を行うことができる。図21Bでは、時刻9251、操作ボタン9252（操作アイコンまたは単にアイコンともいう）、及びコンテンツ9253を表示部9001に表示している例を示している。コンテンツ9253は、例えば動画とすることができる。

[0650]

また、携帯情報端末9200は、通信規格された近距離無線通信を実行することが可能である。例えば無線通信可能なヘッドセットと相互通信することによって、ハンズフリーで通話することもできる。また、携帯情報端末9200は、接続端子9006を有し、他の情報端末とコネクタを介して直接データのやりとりを行うことができる。また接続端子9006を介して充電を行うこともできる。なお、充電動作は接続端子9006を介さずに無線給電により行ってもよい。

[0651]

携帯情報端末9200に、本発明の一態様の表示装置を適用することができる。これにより、携帯情報端末9200の消費電力を低減することができるため、携帯情報端末9200を長期間連続して使用できる。また、携帯情報端末9200の消費電力を低減することにより、バッテリー9009を小型化、及び軽量化することができるため、携帯情報端末9200を小型化、及び軽量化することができる。これにより、携帯情報端末9200の携帯性を高めることができる。

[0652]

本実施の形態は、少なくともその一部を本明細書中に記載する他の実施の形態と適宜組み合わせて実施することができる。

[0653]

<本明細書等の記載に関する付記>

以上の実施の形態、及び実施の形態における各構成の説明について、以下に付記する。

[0654]

各実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示す構成と適宜組み合わせて、本発明の一態様とすることができる。また、1つの実施の形態の中に、複数の構成例が示される場合は、構成例を適宜組み合わせることが可能である。

[0655]

なお、ある一つの実施の形態の中で述べる内容（一部の内容でもよい）は、その実施の形態で述べる別の内容（一部の内容でもよい）、及び／または、一つ若しくは複数の別の実施の形態で述べる内容（一部の内容でもよい）に対して、適用、組み合わせ、または置き換えなどを行うことができる。

[0656]

なお、実施の形態の中で述べる内容とは、各々の実施の形態において、様々な図を用いて述べる内

容、または明細書に記載される文章を用いて述べる内容のことである。

[0657]

なお、ある一つの実施の形態において述べる図（一部でもよい）は、その図の別の部分、その実施の形態において述べる別の図（一部でもよい）、及び／または、一つ若しくは複数の別の実施の形態において述べる図（一部でもよい）に対して、組み合わせることにより、さらに多くの図を構成させることが出来る。

[0658]

また本明細書等において、ブロック図では、構成要素を機能毎に分類し、互いに独立したブロックとして示している。しかしながら実際の回路等においては、構成要素を機能毎に切り分けることが難しく、一つの回路に複数の機能が係わる場合または、複数の回路にわたって一つの機能が関わる場合があり得る。そのため、ブロック図のブロックは、明細書で説明した構成要素に限定されず、状況に応じて適切に言い換えることができる。

[0659]

また、図面において、大きさ、層の厚さ、または領域は、説明の便宜上任意の大きさに示したものである。よって、必ずしもそのスケールに限定されない。なお図面は明確性を期すために模式的に示したものであり、図面に示す形状または値などに限定されない。例えば、ノイズによる信号、電圧、若しくは電流のばらつき、または、タイミングのずれによる信号、電圧、若しくは電流のばらつきなどを含むことが可能である。

[0660]

本明細書等において、トランジスタの接続関係を説明する際、「ソースまたはドレインの一方」（または第1電極、または第1端子）、「ソースまたはドレインの他方」（または第2電極、または第2端子）という表記を用いる。これは、トランジスタのソースとドレインは、トランジスタの構造または動作条件等によって変わるためである。なおトランジスタのソースとドレインの呼称については、ソース（ドレイン）端子または、ソース（ドレイン）電極等、状況に応じて適切に言い換えることができる。

[0661]

また、本明細書等において「電極」および「配線」の用語は、これらの構成要素を機能的に限定するものではない。例えば、「電極」は「配線」の一部として用いられることがあり、その逆もまた同様である。さらに、「電極」および「配線」の用語は、複数の「電極」または「配線」が一体となって形成されている場合なども含む。

[0662]

また、本明細書等において、電圧と電位は、適宜言い換えることができる。電圧は、基準となる電位からの電位差のことであり、例えば基準となる電位をグラウンド電圧（接地電圧）とすると、電圧を電位に言い換えることができる。グラウンド電位は必ずしも0Vを意味するとは限らない。なお電位は相対的なものであり、基準となる電位によっては、配線等に与える電位を変化させる場合がある。

[0663]

なお本明細書等において、「膜」、「層」などの語句は、場合によっては、または、状況に応じて、互いに入れ替えることが可能である。例えば、「導電層」という用語を、「導電膜」という用語に変更することが可能な場合がある。または、例えば、「絶縁膜」という用語を、「絶縁層」という

用語に変更することが可能な場合がある。

[0664]

本明細書等において、スイッチとは、導通状態（オン状態）、または、非導通状態（オフ状態）になり、電流を流すか流さないかを制御する機能を有するものをいう。または、スイッチとは、電流を流す経路を選択して切り替える機能を有するものをいう。

[0665]

本明細書等において、チャンネル長とは、例えば、トランジスタの上面図において、半導体（またはトランジスタがオン状態のときに半導体の中で電流の流れる部分）とゲートとが重なる領域、またはチャンネルが形成される領域における、ソースとドレインとの間の距離をいう。

[0666]

本明細書等において、チャンネル幅とは、例えば、半導体（またはトランジスタがオン状態のときに半導体の中で電流の流れる部分）とゲート電極とが重なる領域、またはチャンネルが形成される領域における、ソースとドレインとが向かい合っている部分の長さをいう。

[0667]

本明細書等において、AとBとが接続されている、とは、AとBとが直接接続されているもの他、電氣的に接続されているものを含むものとする。ここで、AとBとが電氣的に接続されているとは、AとBとの間で、何らかの電氣的な作用を有する対象物が存在するとき、AとBとの電気信号の授受を可能とするものをいう。

[実施例1]

[0668]

本実施例では、本発明の一態様の発光デバイス1、発光デバイス2および発光デバイス3について、図22乃至図29を参照しながら説明する。

[0669]

図22は、発光デバイス550Gの構成を説明する図である。

[0670]

図23は、発光デバイス550Bの構成を説明する図である。

[0671]

図24は、発光デバイス550Rの構成を説明する図である。

[0672]

図25は、発光デバイス1、発光デバイス2および発光デバイス3の電流密度－輝度特性を説明する図である。

[0673]

図26は、発光デバイス1、発光デバイス2および発光デバイス3の輝度－電流効率特性を説明する図である。

[0674]

図27は、発光デバイス1、発光デバイス2および発光デバイス3の電圧－輝度特性を説明する図である。

[0675]

図28は、発光デバイス1、発光デバイス2および発光デバイス3の電圧－電流特性を説明する図である。

[0676]

図29は、発光デバイス1、発光デバイス2および発光デバイス3を1000cd/m²の輝度で発光させた際の発光スペクトルを説明する図である。

[0677]

<発光デバイス1>

本実施例で説明する作製した発光デバイス1は、発光デバイス550Gと同様の構成を備える(図22参照)。

[0678]

《発光デバイス1の構成》

発光デバイス1の構成を表1に示す。また、本実施例で説明する発光デバイスに用いた材料の構造式を以下に示す。

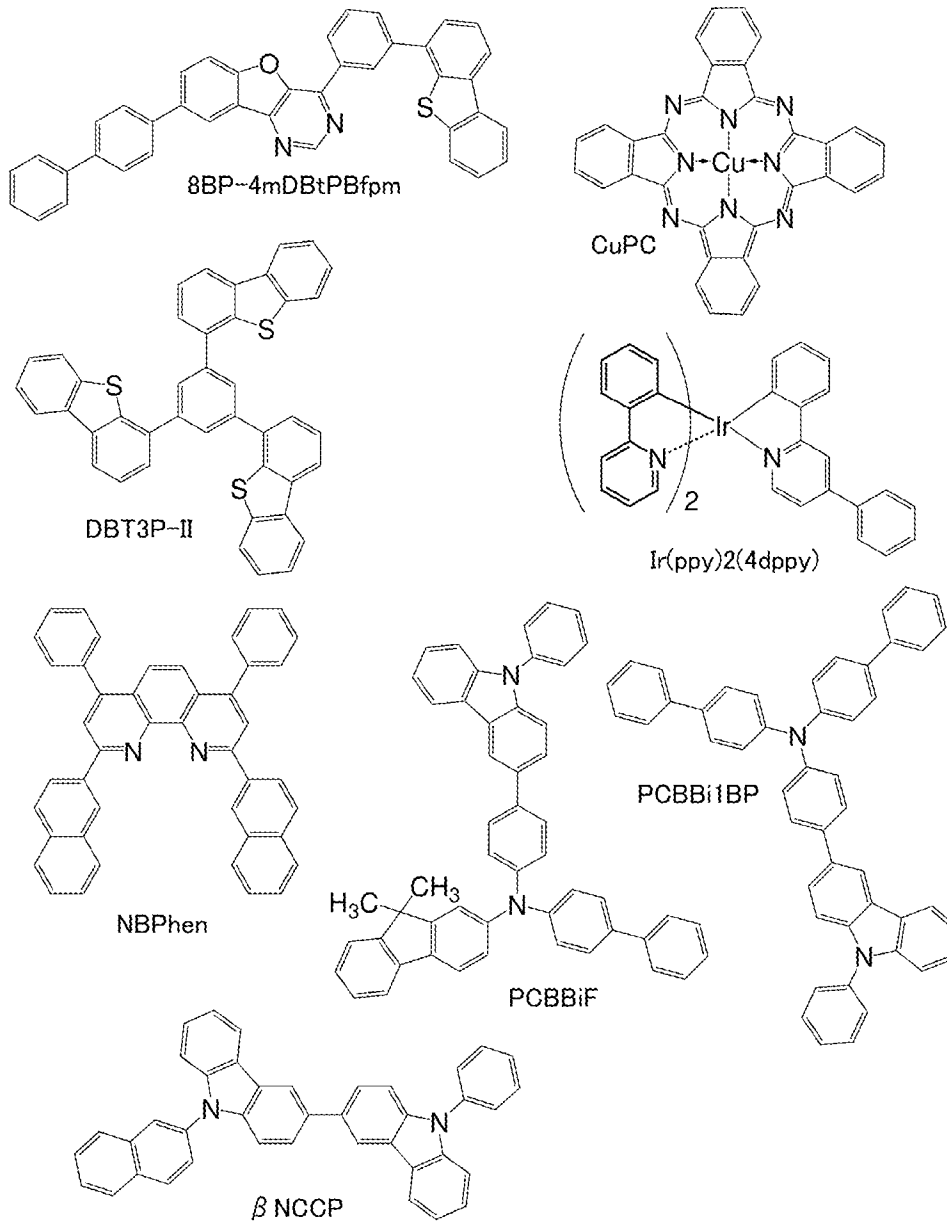
[0679]

[表1]

構成	符号	材料	組成比	厚さ /nm
層	CAPG	DBT3P-II		70
電極	552G	Ag:Mg	10:1	15
層	105G	LiF		1
層	113G2-2	NBPhen		20
層	113G2-1	8BP-4mDBtPBfpm		10
層	111G2	8BP-4mDBtPBfpm: βNCCP: Ir(ppy)2(4dppy)	0.6: 0.4: 0.1	40
層	112G2-2	PCBBi1BP		20
層	112G2-1	PCBBiF		20
層	106G2	PCBBiF:OCHD-003	1:0.15	10
層	106G1	CuPc		2
層	105G2	Li2O		0.1
層	113G-2	NBPhen		20
層	113G-1	8BP-4mDBtPBfpm		10
層	111G	8BP-4mDBtPBfpm: βNCCP: Ir(ppy)2(4dppy)	0.6: 0.4: 0.1	40
層	112G-2	PCBBi1BP		20
層	112G-1	PCBBiF		15
層	104G	PCBBiF:OCHD-003	1:0.15	10
電極	551G	ITSO		10
反射膜	REFG	Ag		100

[0680]

[化3]



[0681]

《発光デバイス1の作製方法》

下記のステップを有する方法を用いて、本実施例で説明する発光デバイス1を作製した。

[0682]

[第1のステップ]

第1のステップにおいて、反射膜REFGを形成した。具体的には、ターゲットに銀(Ag)を用いて、スパッタリング法により形成した。

[0683]

なお、反射膜REFGはAgを含み、100nmの厚さを備える。

[0684]

[第2のステップ]

第2のステップにおいて、反射膜REFG上に電極551Gを形成した。具体的には、ターゲットに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(略称:ITO)を用いて、

スパッタリング法により形成した。

[0685]

なお、電極551GはITSOを含み、10nmの厚さと、4mm² (2mm×2mm) の面積を備える。

[0686]

次いで、電極551Gが形成された基材を水で洗浄し、200°Cで1時間焼成した後、UVオゾン処理を370秒行った。その後、10⁻⁴Pa程度まで内部が減圧された真空蒸着装置に基板を導入し、真空蒸着装置内の加熱室において、170°Cで30分間の真空焼成を行った。その後、基板を30分程度放冷した。

[0687]

[第3のステップ]

第3のステップにおいて、電極551G上に層104Gを形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を共蒸着した。

[0688]

なお、層104Gは、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) および電子アクセプタ材料 (略称:OCHD-003) をPCBBiF:OCHD-003=1:0.15 (重量比) で含み、10nmの厚さを備える。なお、OCHD-003はアクセプタ性を有し、フッ素を含む。また、その分子量は672である。

[0689]

[第4のステップ]

第4のステップにおいて、層104G上に層112G-1を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0690]

なお、層112G-1はPCBBiFを含み、15nmの厚さを備える。

[0691]

[第5のステップ]

第5のステップにおいて、層112G-1上に層112G-2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0692]

なお、層112G-2は4,4'-ジフェニル-4,4''-(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) を含み、20nmの厚さを備える。

[0693]

[第6のステップ]

第6のステップにおいて、層112G-2上に層111Gを形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を共蒸着した。

[0694]

なお、層111Gは、8-(1,1'-ビフェニル-4-イル)-4-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-[1]ベンゾフロ[3,2-d]ピリミジン (略称:8BP-4mDBtPBfp m)、9-(2-ナフチル)-9'-フェニル-9H,9'H-3,3'-ビカルバ

ゾール（略称： β NCCP）および [2-（4-フェニル-2-ピリジニル- κ N）フェニル- κ C] ビス [2-（2-ピリジニル- κ N）フェニル- κ C] イリジウム（III）（略称： $\text{Ir}(\text{ppy})_2(4\text{dppy})$ ）を $8\text{BP}-4\text{mDBtPBfpm}:\beta\text{NCCP}:\text{Ir}(\text{ppy})_2(4\text{dppy})=0.6:0.4:0.1$ （重量比）で含み、 40nm の厚さを備える。

[0695]

[第7のステップ]

第7のステップにおいて、層111G上に層113G-1を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0696]

なお、層113G-1は、 $8\text{BP}-4\text{mDBtPBfpm}$ を含み、 10nm の厚さを備える。

[0697]

[第8のステップ]

第8のステップにおいて、層113G-1上に層113G-2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0698]

なお、層113G-2は2,9-ビス（ナフタレン-2-イル）-4,7-ジフェニル-1,10-フェナントロリン（略称：NBPhen）を含み、 20nm の厚さを備える。

[0699]

[第9のステップ]

第9のステップにおいて、層113G-2上に層105G2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0700]

なお、層105G2は酸化リチウム（略称： Li_2O ）を含み、 0.1nm の厚さを備える。

[0701]

[第10のステップ]

第10のステップにおいて、層105G2上に層106G1を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0702]

なお、層106G1は銅フタロシアニン（略称： CuPc ）を含み、 2nm の厚さを備える。

[0703]

[第11のステップ]

第11のステップにおいて、層106G1上に層106G2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を共蒸着した。

[0704]

なお、層106G2は、 PCBBiF および $\text{OCHD}-003$ を $\text{PCBBiF}:\text{OCHD}-003=1:0.15$ （重量比）で含み、 10nm の厚さを備える。

[0705]

[第12のステップ]

第12のステップにおいて、層106G2上に層112G2-1を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0706]

なお、層112G2-1はPCBBiFを含み、20nmの厚さを備える。

[0707]

[第13のステップ]

第13のステップにおいて、層112G2-1上に層112G2-2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0708]

なお、層112G2-2はPCBBi1BPを含み、20nmの厚さを備える。

[0709]

[第14のステップ]

第14のステップにおいて、層112G2-2上に層111G2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を共蒸着した。

[0710]

なお、層111G2は、8BP-4mDBtPBfpm、 β NCCPおよびIr(ppy)₂(4dppy)を8BP-4mDBtPBfpm: β NCCP:Ir(ppy)₂(4dppy)=0.6:0.4:0.1(重量比)で含み、40nmの厚さを備える。

[0711]

[第15のステップ]

第15のステップにおいて、層111G2上に層113G2-1を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0712]

なお、層113G2-1は8BP-4mDBtPBfpmを含み、10nmの厚さを備える。

[0713]

[第16のステップ]

第16のステップにおいて、層113G2-1上に層113G2-2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0714]

なお、層113G2-2はNBPhenを含み、20nmの厚さを備える。

[0715]

[第17のステップ]

第17のステップにおいて、層113G2-2上に層105Gを形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0716]

なお、層105Gはフッ化リチウム(略称:LiF)を含み、1nmの厚さを備える。

[0717]

[第18のステップ]

第18のステップにおいて、層105G上に電極552Gを形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を共蒸着した。

[0718]

なお、電極552Gは、銀(Ag)およびマグネシウム(Mg)をAg:Mg=10:1(体積比)

で含み、15 nmの厚さを備える。

[0719]

[第19のステップ]

第19のステップにおいて、電極552G上に層CAPGを形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0720]

なお、層CAPGは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) を含み、70 nmの厚さを備える。

[0721]

<発光デバイス2>

本実施例で説明する作製した発光デバイス2は、発光デバイス550Bと同様の構成を備える (図23参照)。

[0722]

《発光デバイス2の構成》

発光デバイス2の構成を表2に示す。また、本実施例で説明する発光デバイスに用いた材料の構造式を以下に示す。

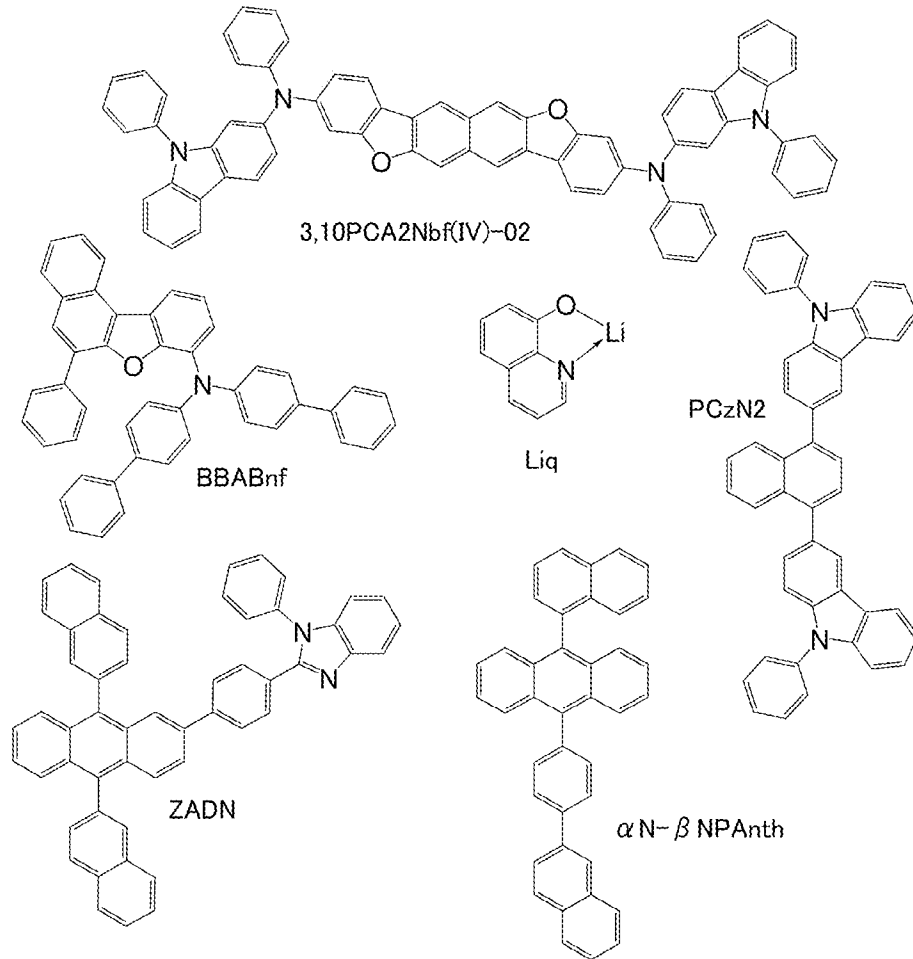
[0723]

[表2]

構成	符号	材料	組成比	厚さ /nm
層	CAPB	DBT3P-II		80
電極	552B	Ag:Mg	1:0.1	15
層	105B	LiF		1
層	113B2-2	NBPhen		30
層	113B2-1	ZADN:Liq	1:2	10
層	111B2	α -N- β NPAAnth:3,10PCA2Nbf(IV)-02	1:0.015	25
層	112B2-2	PCzN2		10
層	112B2-1	BBABnf		25
層	106B2	BBABnf:OCHD-003	1:0.2	10
層	106B1	CuPc		2
層	105B2	Li2O		0.05
層	113B-2	NBPhen		20
層	113B-1	ZADN:Liq	1:2	10
層	111B	α -N- β NPAAnth:3,10PCA2Nbf(IV)-02	1:0.015	25
層	112B-2	PCzN2		10
層	112B-1	BBABnf		25
層	104B	BBABnf:OCHD-003	1:0.10	10
電極	551B	ITSO		85
反射膜	REFB	Ag		100

[0724]

[化4]



[0725]

《発光デバイス2の作製方法》

下記のステップを有する方法を用いて、本実施例で説明する発光デバイス2を作製した。

[0726]

[第1のステップ]

第1のステップにおいて、反射膜REFBを形成した。具体的には、ターゲットに銀(Ag)を用いて、スパッタリング法により、形成した。

[0727]

なお、反射膜REFBはAgを含み、100nmの厚さを備える。

[0728]

[第2のステップ]

第2のステップにおいて、反射膜REFB上に電極551Bを形成した。具体的には、ターゲットに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(略称:ITO)を用いて、スパッタリング法により、形成した。

[0729]

なお、電極551BはITOを含み、85nmの厚さと、 4mm^2 ($2\text{mm} \times 2\text{mm}$)の面積を備える。

[0730]

次いで、電極551Bが形成された基材を水で洗浄し、 200°C で1時間焼成した後、UVオゾン

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

[0731]

[第3のステップ]

第3のステップにおいて、電極551B上に層104Bを形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を共蒸着した。

[0732]

なお、層104Bは、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)およびOCHD-003をBBABnf:OCHD-003=1:0.10(重量比)で含み、10nmの厚さを備える。

[0733]

[第4のステップ]

第4のステップにおいて、層104B上に層112B-1を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0734]

なお、層112B-1はBBABnfを含み、25nmの厚さを備える。

[0735]

[第5のステップ]

第5のステップにおいて、層112B-1上に層112B-2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0736]

なお、層112B-2は3, 3'-(ナフタレン-1, 4-ジイル)ビス(9-フェニル-9H-カルバゾール(略称: PCzN2))を含み、10nmの厚さを備える。

[0737]

[第6のステップ]

第6のステップにおいて、層112B-2上に層111Bを形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を共蒸着した。

[0738]

なお、層111Bは、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: $\alpha\text{N}-\beta\text{NPAnth}$)および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)を $\alpha\text{N}-\beta\text{NPAnth}$:3, 10PCA2Nbf(IV)-02=1:0.015(重量比)で含み、25nmの厚さを備える。

[0739]

[第7のステップ]

第7のステップにおいて、層111B上に層113B-1を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を共蒸着した。

[0740]

なお、層113B-1は、2-{4-[9, 10-ジ(ナフタレン-2-イル)-2-アントリル]}

フェニル} - 1 - フェニル - 1 H - ベンゾイミダゾール (略称: ZADN) および 8 - ヒドロキシキノリナト - リチウム (略称: Liq) を ZADN : Liq = 1 : 2 (重量比) で含み、10 nm の厚さを備える。

[0741]

[第8のステップ]

第8のステップにおいて、層113B-1上に層113B-2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0742]

なお、層113B-2はNBPhenを含み、20 nmの厚さを備える。

[0743]

[第9のステップ]

第9のステップにおいて、層113B-2上に層105B2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0744]

なお、層105B2はLi₂Oを含み、0.05 nmの厚さを備える。

[0745]

[第10のステップ]

第10のステップにおいて、層105B2上に層106B1を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0746]

なお、層106B1はCuPcを含み、2 nmの厚さを備える。

[0747]

[第11のステップ]

第11のステップにおいて、層106B1上に層106B2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を共蒸着した。

[0748]

なお、層106B2は、BBABnfおよびOCHD-003をBBABnf : OCHD-003 = 1 : 0.2 (重量比) で含み、10 nmの厚さを備える。

[0749]

[第12のステップ]

第12のステップにおいて、層106B2上に層112B2-1を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0750]

なお、層112B2-1はBBABnfを含み、25 nmの厚さを備える。

[0751]

[第13のステップ]

第13のステップにおいて、層112B2-1上に層112B2-2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0752]

なお、層112B2-2はPCzN2を含み、10 nmの厚さを備える。

[0753]

[第14のステップ]

第14のステップにおいて、層112B2-2上に層111B2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を共蒸着した。

[0754]

なお、層111B2は、 $\alpha\text{N}-\beta\text{NPAnth}$ および3, 10PCA2Nbf (IV) - 02を $\alpha\text{N}-\beta\text{NPAnth} : 3, 10\text{PCA2Nbf (IV)} - 02 = 1 : 0.015$ (重量比) で含み、25nmの厚さを備える。

[0755]

[第15のステップ]

第15のステップにおいて、層111B2上に層113B2-1を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を共蒸着した。

[0756]

なお、層113B2-1は、ZADNおよびLi qを $ZADN : Li q = 1 : 2$ (重量比) で含み、10nmの厚さを備える。

[0757]

[第16のステップ]

第16のステップにおいて、層113B2-1上に層113B2-2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0758]

なお、層113B2-2はNBPhenを含み、30nmの厚さを備える。

[0759]

[第17のステップ]

第17のステップにおいて、層113B2-2上に層105Bを形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0760]

なお、層105BはLiFを含み、1nmの厚さを備える。

[0761]

[第18のステップ]

第18のステップにおいて、層105B上に電極552Bを形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を共蒸着した。

[0762]

なお、電極552Bは、AgおよびMgを $Ag : Mg = 1 : 0.1$ (体積比) で含み、15nmの厚さを備える。

[0763]

[第19のステップ]

第19のステップにおいて、電極552B上に層CAPBを形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0764]

なお、層CAPBはDBT3P-IIを含み、80nmの厚さを備える。

[0765]

<発光デバイス3>

本実施例で説明する作製した発光デバイス3は、発光デバイス550Rと同様の構成を備える（図24参照）。

[0766]

《発光デバイス3の構成》

発光デバイス3の構成を表3に示す。また、本実施例で説明する発光デバイスに用いた材料の構造式を以下に示す。

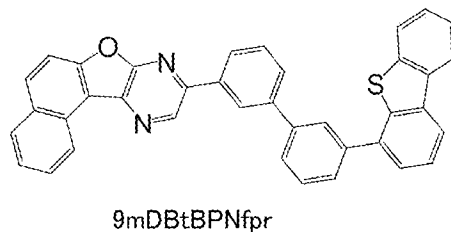
[0767]

[表3]

構成	符号	材料	組成比	厚さ /nm
層	CAPR	DBT3P-II		70
電極	552R	Ag:Mg		15
層	105R-2	Yb		0.8
層	105R-1	LiF		1
層	113R2-2	NBPhen		20
層	113R2-1	9mDBtBPNfpr		20
層	111R2	PCBBiF: OCPG-006	0.6: 0.4: 0.05	50
層	112R2	PCBBiF		40
層	106R2	PCBBiF:OCHD-003	1:0.15	10
層	106R1	CuPC		2
層	105R2	Li2O		0.1
層	113R-2	NBPhen		20
層	113R-1	9mDBtBPNfpr		10
層	111R	PCBBiF: OCPG-006	0.6: 0.4: 0.05	50
層	112R	PCBBiF		70
層	104R	PCBBiF:OCHD-003	1:0.15	10
電極	551R	ITSO		10
反射膜	REFR	Ag		100

[0768]

[化5]



[0769]

《発光デバイス3の作製方法》

下記のステップを有する方法を用いて、本実施例で説明する発光デバイス3を作製した。

[0770]

[第1のステップ]

第1のステップにおいて、反射膜REFRを形成した。具体的には、ターゲットに銀（Ag）を用いて、スパッタリング法により形成した。

[0771]

なお、反射膜REFRはAgを含み、100nmの厚さを備える。

[0772]

[第2のステップ]

第2のステップにおいて、反射膜REFR上に電極551Rを形成した。具体的には、ターゲットに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（略称：ITSO）を用いて、スパッタリング法により形成した。

[0773]

なお、電極551RはITSOを含み、10nmの厚さと、4mm²（2mm×2mm）の面積を備える。

[0774]

次いで、電極551Rが形成された基材を水で洗浄し、200℃で1時間焼成した後、UVオゾン処理を370秒行った。その後、10⁻⁴Pa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。その後、基板を30分程度放冷した。

[0775]

[第3のステップ]

第3のステップにおいて、電極551R上に層104Rを形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を共蒸着した。

[0776]

なお、層104Rは、PCBBiFおよびOCHD-003をPCBBiF：OCHD-003＝1：0.15（重量比）で含み、10nmの厚さを備える。

[0777]

[第4のステップ]

第4のステップにおいて、層104R上に層112Rを形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0778]

なお、層112RはPCBBiFを含み、70nmの厚さを備える。

[0779]

[第5のステップ]

第5のステップにおいて、層112R上に層111Rを形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を共蒸着した。

[0780]

なお、層111Rは、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）、PCBBiFおよびりん光発光物質（略称：OCPG-006）を9mDBtBPNfpr：PCBBiF：OCPG-006＝0.6：0.4：0.05（重量比）で含み、50nmの厚さを備える。

[0781]

[第6のステップ]

第6のステップにおいて、層111R上に層113R-1を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0782]

なお、層113R-1は9mDBtBPnfprを含み、10nmの厚さを備える。

[0783]

[第7のステップ]

第7のステップにおいて、層113R-1上に層113R-2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0784]

なお、層113R-2はNBPhenを含み、20nmの厚さを備える。

[0785]

[第8のステップ]

第8のステップにおいて、層113R-2上に層105R2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0786]

なお、層105R2はLi₂Oを含み、0.1nmの厚さを備える。

[0787]

[第9のステップ]

第9のステップにおいて、層105R2上に層106R1を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0788]

なお、層106R1はCuPCを含み、2nmの厚さを備える。

[0789]

[第10のステップ]

第10のステップにおいて、層106R1上に層106R2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を共蒸着した。

[0790]

なお、層106R2は、PCBBiFおよびOCHD-003をPCBBiF:OCHD-003=1:0.15(重量比)で含み、10nmの厚さを備える。

[0791]

[第11のステップ]

第11のステップにおいて、層106R2上に層112R2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0792]

なお、層112R2はPCBBiFを含み、40nmの厚さを備える。

[0793]

[第12のステップ]

第12のステップにおいて、層112R2上に層111R2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を共蒸着した。

[0794]

なお、層111R2は、9mDBtBPNfpr、PCBBiFおよびOC PG-006を9mDBtBPNfpr : PCBBiF : OC PG-006 = 0.6 : 0.4 : 0.05 (重量比) で含み、50nmの厚さを備える。

[0795]

[第13のステップ]

第13のステップにおいて、層111R2上に層113R2-1を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0796]

なお、層113R2-1は9mDBtBPNfprを含み、20nmの厚さを備える。

[0797]

[第14のステップ]

第14のステップにおいて、層113R2-1上に層113R2-2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0798]

なお、層113R2-2はNBPhenを含み、20nmの厚さを備える。

[0799]

[第15のステップ]

第15のステップにおいて、層113R2-2上に層105R-1を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0800]

なお、層105R-1はLiFを含み、1nmの厚さを備える。

[0801]

[第16のステップ]

第16のステップにおいて、層105R-1上に層105R-2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0802]

なお、層105R-2はYbを含み、0.8nmの厚さを備える。

[0803]

[第17のステップ]

第17のステップにおいて、層105R-2上に電極552Rを形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を共蒸着した。

[0804]

なお、電極552Rは、AgおよびMgをAg : Mg = (体積比) で含み、15nmの厚さを備える。

[0805]

[第18のステップ]

第18のステップにおいて、電極552R上に層CAPRを形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0806]

なお、層CAPRはDBT3P-IIを含み、70nmの厚さを備える。

[0807]

《発光デバイス1、発光デバイス2、発光デバイス3の動作特性》

電力を供給すると発光デバイス1は光ELGおよび光ELG2を射出した(図22参照)。また、発光デバイス2は光ELBおよび光ELB2を射出した(図23参照)。また、発光デバイス3は光ELRおよび光ELR2を射出した(図24参照)。発光デバイス1、発光デバイス2および発光デバイス3の動作特性を、室温にて測定した(図25乃至図29参照)。なお、輝度、CIE色度および発光スペクトルの測定には、分光放射計(トプコン社製、SR-UL1R)を用いた。

[0808]

作製した発光デバイスを輝度1000cd/m²程度で発光させた場合の主な初期特性を表4に示す。また、構成を後述する他の発光デバイスの特性も表4に記載する。

[0809]

[表4]

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度x	色度y	電流効率 (cd/A)
発光デバイス1	6.2	0.02	0.6	0.36	0.62	170.3
発光デバイス2	7.6	0.39	9.8	0.14	0.05	10.1
発光デバイス3	5.6	0.07	1.7	0.69	0.31	64.9
発光デバイス4	6.4	0.03	0.6	0.24	0.72	169.2
発光デバイス5	8.2	0.02	0.5	0.29	0.69	182.8
比較発光デバイス1	10.0	0.05	1.2	0.35	0.64	82.7

[0810]

発光デバイス1、発光デバイス2および発光デバイス3は、良好な特性を示すことがわかった。

[実施例2]

[0811]

本実施例では、本発明の一態様の発光デバイス4および発光デバイス5について、図30、図32乃至図36を参照しながら説明する。

[0812]

図30は、発光デバイス550Gの構成を説明する図である。

[0813]

図31は、発光デバイス550Gの構成を説明する図である。

[0814]

図32は、発光デバイス4および発光デバイス5の電流密度-輝度特性を説明する図である。

[0815]

図33は、発光デバイス4および発光デバイス5の輝度-電流効率特性を説明する図である。

[0816]

図34は、発光デバイス4および発光デバイス5の電圧-輝度特性を説明する図である。

[0817]

図35は、発光デバイス4および発光デバイス5の電圧-電流特性を説明する図である。

[0818]

図36は、発光デバイス4および発光デバイス5を1000cd/m²の輝度で発光させた際の発光スペクトルを説明する図である。

[0819]

<発光デバイス4、発光デバイス5>

本実施例で説明する作製した発光デバイス4および発光デバイス5は、発光デバイス550Gと同様の構成を備える（図30参照）。

[0820]

《発光デバイス4および発光デバイス5の構成》

発光デバイス4および発光デバイス5の構成を表5に示す。また、本実施例で説明する発光デバイスに用いた材料の構造式を以下に示す。

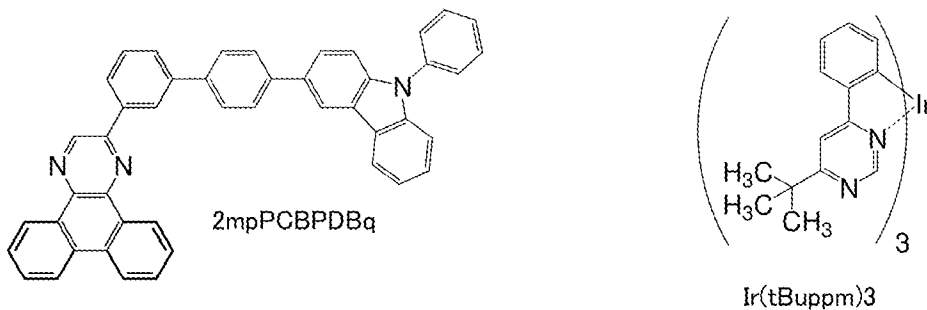
[0821]

[表5]

構成	符号	材料	組成比	厚さ /nm
層	CAPG	DBT3P-II		70
電極	552G	Ag:Mg	10:1	15
層	105G-2	Yb		0.8
層	105G-1	LiF		1
層	113G2-2	NBPhen		20
層	113G2-1	2mpPCBPDBq		10
層	111G2	2mpPCBPDBq: PCBBiF: Ir(tBuppm)3	0.8: 0.2: 0.06	40
層	112G	PCBBiF		40
層	106G2	PCBBiF:OCHD-003	1:0.15	10
層	106G1	CuPc		2
層	105G2	Li2O		0.1
層	113G	NBPhen 2mpPCBPDBq:		20
層	111G	PCBBiF: Ir(tBuppm)3	0.8: 0.2: 0.06	40
層	112G	PCBBiF		65
層	104G	PCBBiF:OCHD-003	1:0.15	10
電極	551G	ITSO		100
反射膜	REFG	APC		100

[0822]

[化6]



[0823]

《発光デバイス4の作製方法》

下記のステップを有する方法を用いて、本実施例で説明する発光デバイス4を作製した。

[0824]

[第1のステップ]

第1のステップにおいて、反射膜REFGを形成した。具体的には、ターゲットに銀（Ag）、パ

ラジウム (Pd) および銅 (Cu) を含む合金 (略称: APC) を用いて、スパッタリング法により形成した。

[0825]

なお、反射膜 REFG は APC を含み、100 nm の厚さを備える。

[0826]

[第2のステップ]

第2のステップにおいて、反射膜 REFG 上に電極 551G を形成した。具体的には、ターゲットに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 (略称: ITSO) を用いて、スパッタリング法により形成した。

[0827]

なお、電極 551G は ITSO を含み、100 nm の厚さと、 4 mm^2 ($2\text{ mm} \times 2\text{ mm}$) の面積を備える。

[0828]

次いで、電極 551G が形成された基材を水で洗浄し、 200°C で1時間焼成した後、UVオゾン処理を370秒行った。その後、 10^{-4} Pa 程度まで内部が減圧された真空蒸着装置に基板を導入し、真空蒸着装置内の加熱室において、 170°C で30分間の真空焼成を行った。その後、基板を30分程度放冷した。

[0829]

[第3のステップ]

第3のステップにおいて、電極 551G 上に層 104G を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を共蒸着した。

[0830]

なお、層 104G は、PCBBiF および OCHD-003 を PCBBiF : OCHD-003 = 1 : 0.15 (重量比) で含み、10 nm の厚さを備える。

[0831]

[第4のステップ]

第4のステップにおいて、層 104G 上に層 112G を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0832]

なお、層 112G は PCBBiF を含み、65 nm の厚さを備える。

[0833]

[第5のステップ]

第5のステップにおいて、層 112G 上に層 111G を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を共蒸着した。

[0834]

なお、層 111G は、2-[4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)-3,1'-ビフェニル-1-イル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン (略称: 2mpPCBPDBq)、PCBBiF および トリス(4-tert-ブチル-6-フェニルピリミジナト)イリジウム(III) (略称: Ir(tBuppm)3) を 2mpPCBPDBq : PCBBiF : Ir(tBuppm)3 = 0.8 : 0.2 : 0.06 (重量比) で含み、40 nm の厚さを備える。

[0835]

[第6のステップ]

第6のステップにおいて、層111G上に層113Gを形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0836]

なお、層113GはNBPhenを含み、20nmの厚さを備える。

[0837]

[第7のステップ]

第7のステップにおいて、層113G上に層105G2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0838]

なお、層105G2はLi₂Oを含み、0.1nmの厚さを備える。

[0839]

[第8のステップ]

第8のステップにおいて、層105G2上に層106G1を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0840]

なお、層106G1はCuPcを含み、2nmの厚さを備える。

[0841]

[第9のステップ]

第9のステップにおいて、層106G1上に層106G2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を共蒸着した。

[0842]

なお、層106G2は、PCBBiFおよびOCHD-003をPCBBiF : OCHD-003 = 1 : 0.15 (重量比) で含み、10nmの厚さを備える。

[0843]

[第10のステップ]

第10のステップにおいて、層106G2上に層112Gを形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0844]

なお、層112GはPCBBiFを含み、40nmの厚さを備える。

[0845]

[第11のステップ]

第11のステップにおいて、層112G上に層111G2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を共蒸着した。

[0846]

なお、層111G2は、2mpPCBPDBq、PCBBiFおよびIr(tBuppm)₃を2mpPCBPDBq : PCBBiF : Ir(tBuppm)₃ = 0.8 : 0.2 : 0.06 (重量比) で含み、40nmの厚さを備える。

[0847]

[第12のステップ]

第12のステップにおいて、層111G2上に層113G2-1を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0848]

なお、層113G2-1は2mpPCBPDBqを含み、10nmの厚さを備える。

[0849]

[第13のステップ]

第13のステップにおいて、層113G2-1上に層113G2-2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0850]

なお、層113G2-2はNBPhenを含み、20nmの厚さを備える。

[0851]

[第14のステップ]

第14のステップにおいて、層113G2-2上に層113G2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0852]

なお、層113G2はLiFを含み、1nmの厚さを備える。

[0853]

[第15のステップ]

第15のステップにおいて、層113G2上に層105Gを形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0854]

なお、層105GはYbを含み、0.8nmの厚さを備える。

[0855]

[第16のステップ]

第16のステップにおいて、層105G上に電極552Gを形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を共蒸着した。

[0856]

なお、電極552Gは、AgおよびMgをAg:Mg=10:1（体積比）で含み、15nmの厚さを備える。

[0857]

[第17のステップ]

第17のステップにおいて、電極552G上に層CAPGを形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0858]

なお、層CAPGはDBT3P-I Iを含み、70nmの厚さを備える。

[0859]

《発光デバイス5の作製方法》

下記のステップを有する方法を用いて、本実施例で説明する発光デバイス5を作製した。なお、発光デバイス5の作製方法は、発光デバイス4の作製方法の第13のステップおよび第14のステッ

プの間に、第13-2のステップと、第13-3のステップと、第13-4のステップと、第13-5のステップと、を備える点が、発光デバイス4の作製方法とは異なる。ここでは、異なる部分について詳細に説明し、同様の方法を用いた部分については、上記の説明を援用する。また、説明の便宜上、発光デバイス5の作製方法において、発光デバイス4の作製方法の第13のステップを、第13-1のステップと記載する。

[0860]

[第13-1のステップ]

第13-1のステップにおいて、発光デバイス4の作製方法における第13のステップと同様に、層113G2-1上に層113G2-2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0861]

なお、層113G2-2はNBPhenを含み、20nmの厚さを備える。

[0862]

[第13-2のステップ]

第13-2のステップにおいて、層113G2-2上に犠牲層SCR1を形成した。具体的には、トリメチルアルミニウム（略称：TMA）をプリカーサーに用い、水蒸気を酸化剤に用いて、ALD法により材料を成膜した。なお、本明細書等において、犠牲層をマスク層と呼称してもよい。

[0863]

なお、犠牲層SCR1は酸化アルミニウムを含み、30nmの厚さを備える。

[0864]

[第13-3のステップ]

第13-3のステップにおいて、犠牲層SCR1上に犠牲層SCR2を形成した。具体的には、スパッタリング法を用いて材料を成膜した。

[0865]

なお、犠牲層SCR2はインジウムガリウム亜鉛酸化物（略称：IGZO）を含み、50nmの厚さを備える。

[0866]

[第13-4のステップ]

第13-4のステップにおいて、犠牲層SCR2上にレジストを形成し、フォトリソグラフィー法を用いて犠牲層SCR1および犠牲層SCR2を所定の形状に加工した。具体的には、フルオロホルム（略称：CHF₃）とヘリウム（He）を、CHF₃：He＝1：9（流量比）で含むエッチングガスを用いて加工した。その後、エッチング条件を変更し、層104G乃至層113G2-2までの積層膜を、所定の形状に加工した。具体的には、テトラフルオロメタン（略称：CF₄）とヘリウムを、CF₄：He＝100：333（流量比）で含むエッチングガスを用いて加工した。

[0867]

所定の形状としては、電極551Gとは重ならない位置にある当該積層膜に、スリットを形成した。具体的には、電極551Gの端部から3.5μm外側に離れた位置に、3μmの幅を備えるスリットを形成した。

[0868]

[第13-5のステップ]

第13-5のステップにおいて、薬液を用いて、犠牲層SCR1および犠牲層SCR2を除去した。

[0869]

[第14のステップ]

第14のステップにおいて、層113G2-2上に層113G2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。なお、第14のステップ乃至第17のステップは、発光デバイス4の作製方法と同じである。

[0870]

《発光デバイス4および発光デバイス5の動作特性》

電力を供給すると発光デバイス4および発光デバイス5は光ELGおよびELG2を射出した(図30参照)。発光デバイス4および発光デバイス5の動作特性を、室温にて測定した(図32乃至図36参照)。なお、輝度、CIE色度および発光スペクトルの測定には、分光放射計(トプコン社製、SR-UL1R)を用いた。

[0871]

作製した発光デバイスを輝度1000cd/m²程度で発光させた場合の主な初期特性を表4に示す。

[0872]

発光デバイス4は、良好な特性を示すことがわかった。

[0873]

発光デバイス5は、発光デバイス4の作製方法に、ステップ13-1乃至ステップ13-5を加えた方法で作製したにも関わらず、良好な特性を示すことがわかった。

[0874]

一方、比較発光デバイス1は、発光デバイス4および発光デバイス5と比較して、著しく特性が劣化していた。発光デバイス4、発光デバイス5および比較発光デバイス1は、いずれも作製工程中に、その積層膜の一部が薬液またはエッチングガスに晒される。具体的には、犠牲層SCR1と接していた面およびスリットによって形成された側面が、薬液またはエッチングガスに晒される。また、発光デバイス4および発光デバイス5は、比較発光デバイス1に比べて反応性の低い材料を用いている。具体的には、発光デバイス4および発光デバイス5には酸化リチウムを用い、比較発光デバイス1には金属リチウムを用いている。これにより、薬液またはエッチングガスとの反応が抑制され、発光デバイス4および発光デバイス5の良好な特性を実現できた。

[0875]

(参考例1)

本実施例では、比較発光デバイス1について、図31乃至図36を参照しながら説明する。なお、作製した比較発光デバイス1はLi₂Oに換えてLiを用いた点が、発光デバイス5とは異なる。

[0876]

<比較発光デバイス1>

本実施例で説明する作製した比較発光デバイス1は、発光デバイス550Gと同様の構成を備える(図31参照)。

[0877]

《比較発光デバイス1の構成》

比較発光デバイス1の構成を表6に示す。

[0878]

[表6]

構成	符号	材料	組成比	厚さ /nm
層	CAPG	IGZO		70
電極	552G	Ag:Mg	10:1	15
層	105G	LiF		1
層	113G2-2	NBPhen		20
層	113G2-1	2mpPCBPDBq		10
層	111G2	2mpPCBPDBq: PCBBIrF: Ir(tBuppm)3	0.8: 0.2: 0.06	42.4
層	112G	PCBBIrF		40
層	106G2	PCBBIrF:OCHD-003	8:1	10
層	106G1	CuPc		2
層	105G2	Li		0.1
層	113G-2	NBPhen		20
層	113G-1	2mpPCBPDBq		10
層	111G	2mpPCBPDBq: PCBBIrF: Ir(tBuppm)3	0.8: 0.2: 0.06	42.4
層	112G	PCBBIrF		60
層	104G	PCBBIrF:OCHD-003	8:1	10
電極	551G	ITSO		100
反射膜	REFG	APC		100

[0879]

《比較発光デバイス1の作製方法》

下記のステップを有する方法を用いて、本実施例で説明する比較発光デバイス1を作製した。

[0880]

[第1のステップ]

第1のステップにおいて、反射膜REFGを形成した。具体的には、ターゲットに銀(Ag)、パラジウム(Pd)および銅(Cu)を含む合金(略称:APC)を用いて、スパッタリング法により形成した。

[0881]

なお、反射膜REFGはAPCを含み、100nmの厚さを備える。

[0882]

[第2のステップ]

第2のステップにおいて、反射膜REFG上に電極551Gを形成した。具体的には、ターゲットに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(略称:ITSO)を用いて、スパッタリング法により形成した。

[0883]

なお、電極551GはITSOを含み、100nmの厚さと、4mm²(2mm×2mm)の面積を備える。

[0884]

次いで、電極551Gが形成された基材を水で洗浄し、200℃で1時間焼成した後、UVオゾン処理を370秒行った。その後、10⁻⁴Pa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。その後、基板を30分程度放冷した。

[0885]

[第3のステップ]

第3のステップにおいて、電極551G上に層104Gを形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を共蒸着した。

[0886]

なお、層104Gは、PCBBiFおよびOCHD-003をPCBBiF : OCHD-003 = 8 : 1 (重量比) で含み、10nmの厚さを備える。

[0887]

[第4のステップ]

第4のステップにおいて、層104G上に層112Gを形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0888]

なお、層112GはPCBBiFを含み、60nmの厚さを備える。

[0889]

[第5のステップ]

第5のステップにおいて、層112G上に層111Gを形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を共蒸着した。

[0890]

なお、層111Gは、2mpPCBPDBq、PCBBiFおよびIr (tBuppm) 3を2mpPCBPDBq : PCBBiF : : Ir (tBuppm) 3 = 0.8 : 0.2 : 0.06 (重量比) で含み、42.4nmの厚さを備える。

[0891]

[第6のステップ]

第6のステップにおいて、層111G上に層113G-1を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0892]

なお、層113G-1は2mpPCBPDBqを含み、10nmの厚さを備える。

[0893]

[第7のステップ]

第7のステップにおいて、層113G-1上に層113G-2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0894]

なお、層113G-2はNBPhenを含み、20nmの厚さを備える。

[0895]

[第8のステップ]

第8のステップにおいて、層113G-2上に層105G2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0896]

なお、層105G2はLiを含み、0.1nmの厚さを備える。

[0897]

[第9のステップ]

第9のステップにおいて、層105G2上に層106G1を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0898]

なお、層106G1はCuPcを含み、2nmの厚さを備える。

[0899]

[第10のステップ]

第10のステップにおいて、層106G1上に層106G2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を共蒸着した。

[0900]

なお、層106G2は、PCBBiFおよびOCHD-003をPCBBiF : OCHD-003 = 8 : 1 (重量比) で含み、10nmの厚さを備える。

[0901]

[第11のステップ]

第11のステップにおいて、層106G2上に層112Gを形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0902]

なお、層112GはPCBBiFを含み、40nmの厚さを備える。

[0903]

[第12のステップ]

第12のステップにおいて、層112G上に層111G2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を共蒸着した。

[0904]

なお、層111G2は、2mpPCBPDBq、PCBBiFおよびIr(tBuppm)3を2mpPCBPDBq : PCBBiF : Ir(tBuppm)3 = 0.8 : 0.2 : 0.06 (重量比) で含み、42.4nmの厚さを備える。

[0905]

[第13のステップ]

第13のステップにおいて、層111G2上に層113G2-1を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0906]

なお、層113G2-1は2mpPCBPDBqを含み、10nmの厚さを備える。

[0907]

[第14のステップ]

第14のステップにおいて、層113G2-1上に層113G2-2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0908]

なお、層113G2-2はNBPhenを含み、20nmの厚さを備える。

[0909]

[第15のステップ]

第15のステップにおいて、層113G2-2上に犠牲層SCR1を形成した。具体的には、トリメチルアルミニウム（略称：TMA）をプリカーサーに用い、水蒸気を酸化剤に用いて、ALD法により材料を成膜した。

[0910]

なお、犠牲層SCR1は酸化アルミニウムを含み、30nmの厚さを備える。

[0911]

[第16のステップ]

第16のステップにおいて、犠牲層SCR1上に犠牲層SCR2を形成した。具体的には、スパッタリング法を用いて材料を成膜した。

[0912]

なお、犠牲層SCR2はIGZOを含み、50nmの厚さを備える。

[0913]

[第17のステップ]

第17のステップにおいて、犠牲層SCR2上にレジストを形成し、フォトリソグラフィ法を用いて犠牲層SCR1および犠牲層SCR2を所定の形状に加工した。具体的には、フルオロホルム（略称：CHF₃）とヘリウム（He）を、CHF₃：He=1：9（流量比）で含むエッチングガスを用いて加工した。その後、エッチング条件を変更し、層104G乃至層113G2-2までの積層膜を、所定の形状に加工した。具体的には、テトラフルオロメタン（略称：CF₄）とヘリウムを、CF₄：He=100：333（流量比）で含むエッチングガスを用いて加工した。

[0914]

所定の形状としては、電極551Gとは重ならない位置にある当該積層膜に、スリットを形成した。具体的には、電極551Gの端部から3.5μm外側に離れた位置に、3μmの幅を備えるスリットを形成した。

[0915]

[第18のステップ]

第18のステップにおいて、薬液を用いて、犠牲層SCR1および犠牲層SCR2を除去した。

[0916]

[第19のステップ]

第19のステップにおいて、層113G2-2上に層105Gを形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0917]

なお、層105GはLiFを含み、1nmの厚さを備える。

[0918]

[第20のステップ]

第20のステップにおいて、層105G上に電極552Gを形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を共蒸着した。

[0919]

なお、電極552Gは、AgおよびMgをAg：Mg=10：1（体積比）で含み、15nmの厚さを備える。

[0920]

[第21のステップ]

第21のステップにおいて、電極552G上に層CAPGを形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0921]

なお、層CAPGはIGZOを含み、70nmの厚さを備える。

[0922]

《比較発光デバイス1の動作特性》

電力を供給すると比較発光デバイス1は光ELGおよびELG2を射出した(図31参照)。比較発光デバイス1の動作特性を、室温にて測定した(図32乃至図36参照)。なお、輝度、CIE色度および発光スペクトルの測定には、分光放射計(トプコン社製、SR-UL1R)を用いた。

[0923]

作製した発光デバイスを輝度1000cd/m²程度で発光させた場合の主な初期特性を表4に示す。

[実施例3]

[0924]

本実施例では、本発明の一態様の発光デバイスに用いることができる材料について、図37乃至図40を参照しながら説明する。

[0925]

図37は、本発明の一態様の発光デバイスの層105X2に用いることができる材料の物性を測定するための試料の構成を説明する図である。

[0926]

図38は、Li₂Oを用いて形成した層の大気中における変化を説明する図である。

[0927]

図39は、Liを用いて形成した層の大気中における変化を説明する図である。

[0928]

図40は、Li₂Oを用いて形成した層の大気中における変化と、Liを用いて形成した層の大気中における変化を説明する図である。

[0929]

<測定試料>

本実施例で説明する作製した測定試料は、NBPhenと、PCBBiFと、層105X2と、を有する(図37参照)。層105X2は、NBPhenおよびPCBBiFの間に挟まれる。

[0930]

《測定試料の作製方法》

下記のステップを有する方法を用いて、層105X2に用いることができる材料の物性を測定するための測定試料を作製した。

[0931]

[第1のステップ]

第1のステップにおいて、基材510上に、NBPhenを含み、30nmの厚さを備える膜を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。なお、0.5mmの石英基板を基材510に用いた。

[0932]

[第2のステップ]

第2のステップにおいて、NBPhen上に、層105X2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いてLi₂Oを0.1nmの厚さになるよう蒸着した。

[0933]

[第3のステップ]

第3のステップにおいて、層105X2上に、PCBBiFを含み、30nmの厚さを備える膜を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いて材料を蒸着した。

[0934]

[第4のステップ]

第4のステップにおいて、測定試料を大気に晒すことなく、真空蒸着装置から窒素雰囲気中に取り出し、大気成分を透過しない封止基材を用いて、測定試料を封止した。

[0935]

《測定試料の特性》

測定試料の封止を破壊して、電子スピン共鳴スペクトルを、室温にて測定した。具体的には、封止を破壊した直後と、封止を破壊してから大気中で1日間経過した後で、測定した。また、スピン強度を比較した。

[0936]

Li₂Oを用いて作製した測定試料では、g値が2の付近に、シグナルが観測できた(図38参照)。これにより、当該測定試料は不対電子を有するといえる。また、大気中で1日経過した後に弱いシグナルを観測できた(図40参照)。

[0937]

(比較例1)

本実施例で説明する作製した比較試料は、NBPhenと、PCBBiFと、層105X2と、を有する(図37参照)。層105X2は、NBPhenおよびPCBBiFの間に挟まれる。

[0938]

《比較試料の作製方法》

下記のステップを有する方法を用いて、物性を測定するための比較試料を作製した。なお、Li₂Oを用いてに換えてLiを用いた点が異なる他は、上記の測定試料の作製方法と同じである。

[0939]

[第2のステップ]

第2のステップにおいて、NBPhen上に、層105X2を形成した。具体的には、抵抗加熱法を用いてLiを0.1nmの厚さになるよう蒸着した。

[0940]

《比較試料の特性》

比較試料の封止を破壊して、電子スピン共鳴スペクトルを、室温にて測定した。具体的には、封止を破壊した直後と、封止を破壊してから大気中で1日間経過した後で、測定した。また、スピン強度を比較した(図40参照)。

[0941]

Liを用いて作製した比較試料では、g値が2の付近に、弱いシグナルが観測できた(図39参

照)。また、大気中で1日経過した後は、シグナルが消失していた(図40参照)。

[実施例4]

[0942]

本実施例では、本発明の一態様の発光デバイスに用いることができる複合材料について、図41乃至図44を参照しながら説明する。

[0943]

図41は、アクセプタ性を有する有機化合物を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)に添加した複合材料において、電子スピン共鳴スペクトルの強度が、その添加量に依存して変化する様子を説明する図である。

[0944]

図42は、アクセプタ性を有する有機化合物を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)に添加した複合材料において、電子スピン共鳴スペクトルの強度が、その添加量に依存して変化する様子を説明する図である。

[0945]

図43は、アクセプタ性を有する有機化合物を4-(10-フェニル-9-アントリル)-4'-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)トリフェニルアミン(略称:FLPAPA)に添加した複合材料において、電子スピン共鳴スペクトルの強度が、その添加量に依存して変化する様子を説明する図である。

[0946]

図44は、アクセプタ性を有する有機化合物を、正孔輸送性を有する有機化合物に添加した複合材料において、スピン密度が、その添加量に依存して変化する様子を説明する図である。

[0947]

<測定試料>

本実施例で説明する作製した測定試料は、アクセプタ性を有する有機化合物と、正孔輸送性を有する有機化合物とを、含む。

[0948]

《測定試料の作製方法》

抵抗加熱法を用いて、複合材料を石英基板上に蒸着して、測定試料を作製した。具体的には、正孔輸送性を有する有機化合物と、アクセプタ性を有する有機化合物OCHD-003を共蒸着した。

[0949]

正孔輸送性を有する有機化合物にPCBBiFを用い、PCBBiF:OCHD-003が=1:0.01(重量比)になる測定試料と、PCBBiF:OCHD-003が=1:0.05になる測定試料を作製した。なお、測定試料は100nmの厚さを備える。

[0950]

正孔輸送性を有する有機化合物にBBABnfを用い、BBABnf:OCHD-003が=1:0.05(重量比)になる測定試料と、BBABnf:OCHD-003が=1:0.1になる測定試料を作製した。なお、測定試料は300nmの厚さを備える。

[0951]

正孔輸送性を有する有機化合物にFLPAPAを用い、FLPAPA:OCHD-003が=1:0.05(重量比)になる測定試料と、FLPAPA:OCHD-003が=1:0.1になる測定試料を作製した。なお、測定試料は100nmの厚さを備える。

[0952]

《測定試料の特性》

電子スピン共鳴スペクトルを室温にて測定した。いずれの測定試料からも、g値が2の付近に、シグナルが観測できたため、不対電子を有すると言える。また、スピン密度を算出して比較した。

[0953]

正孔輸送性を有する有機化合物にPCBBiFを用いた試料の電子スピン共鳴スペクトルを図41に示す。PCBBiF:OCHD-003が=1:0.01(重量比)の試料のスピン密度は $2.2 \times 10^{18} \text{ spins/cm}^3$ であり、PCBBiF:OCHD-003が=1:0.05のスピン密度は $2.1 \times 10^{19} \text{ spins/cm}^3$ であった。

[0954]

正孔輸送性を有する有機化合物にBBABnfを用いた試料の電子スピン共鳴スペクトルを図42に示す。BBABnf:OCHD-003が=1:0.05(重量比)の試料のスピン密度は $9.6 \times 10^{16} \text{ spins/cm}^3$ であり、BBABnf:OCHD-003が=1:0.1のスピン密度は $6.2 \times 10^{17} \text{ spins/cm}^3$ であった。

[0955]

正孔輸送性を有する有機化合物にFLPAPAを用いた試料の電子スピン共鳴スペクトルを図43に示す。FLPAPA:OCHD-003が=1:0.05(重量比)の試料のスピン密度は $2.0 \times 10^{18} \text{ spins/cm}^3$ であり、FLPAPA:OCHD-003が=1:0.1のスピン密度は $4.7 \times 10^{18} \text{ spins/cm}^3$ であった。

[0956]

同じ正孔輸送性を有する有機化合物を含む測定試料の比較において、アクセプタ性を有する有機化合物OCHD-003の添加量が多いほど、高いスピン密度を観測した(図44参照)。

[0957]

また、アクセプタ性を有する有機化合物OCHD-003が0.05(重量比)になるように添加した測定試料の比較において、正孔輸送性を有する有機化合物にPCBBiFを用いた測定試料のスピン密度が最も高く、BBABnfを用いた測定試料のスピン密度が最も低かった(図44参照)。

[符号の説明]

[0958]

ANO:導電膜、C21:容量、C22:容量、G1:導電膜、G2:導電膜、GD:駆動回路、GL:ゲート線、GL1:ゲート線、GL2:ゲート線、M21:トランジスタ、N21:ノード、N22:ノード、S1g:導電膜、S2g:導電膜、SD:駆動回路、SW21:スイッチ、SW22:スイッチ、SW23:スイッチ、V0:配線、VCOM:導電膜、VCOM2:導電膜、10:表示装置、10A:表示装置、20:層、30:層、40:駆動回路、41:ゲートドライバ、42:ソースドライバ、50:機能回路、51:CPU、52:アクセラレータ、53:CPUコア、60:表示部、61:画素、61D:画素、61N:画素、62:画素回路、62B:画素回路、62G:画素回路、62R:画素回路、70:発光素子、80:フリップフロップ、81:ス

キャンフリップフロップ、82：バックアップ回路、103B：ユニット、103B2：ユニット、103G：ユニット、103G2：ユニット、103R：ユニット、103R2：ユニット、103X：ユニット、103X2：ユニット、104B：層、104G：層、104GB：間隙、104R：層、104RG：間隙、104X：層、105：層、105B2：層、105G2：層、105GB2：間隙、105R2：層、105RG2：間隙、105X：層、105X2：層、106B：中間層、106G：中間層、106GB：間隙、106R：中間層、106RG：間隙、106X：中間層、106X1：層、106X2：層、111X：層、111X2：層、112X：層、112X2：層、113X：層、113X2：層、200A：トランジスタ、205：導電体、205a：導電体、205b：導電体、205c：導電体、214：絶縁体、216：絶縁体、222：絶縁体、224：絶縁体、230：金属酸化物、230a：金属酸化物、230b：金属酸化物、230c：金属酸化物、231：表示領域、240：導電体、240a：導電体、240b：導電体、241：絶縁体、241a：絶縁体、241b：絶縁体、242：導電体、242a：導電体、242b：導電体、250：絶縁体、254：絶縁体、260：導電体、260a：導電体、260b：導電体、274：絶縁体、280：絶縁体、281：絶縁体、301a：導電体、301b：導電体、305：導電体、311：導電体、313：導電体、317：導電体、321：下部電極、323：絶縁体、325：上部電極、331：導電体、333：導電体、335：導電体、337：導電体、341：導電体、343：導電体、347：導電体、351：導電体、353：導電体、355：導電体、357：導電体、361：絶縁体、363：絶縁体、403：素子分離層、403B：素子分離層、405：絶縁体、405B：絶縁体、407：絶縁体、409：絶縁体、411：絶縁体、421：絶縁体、441：トランジスタ、443：導電体、445：絶縁体、447：半導体領域、449a：低抵抗領域、449b：低抵抗領域、451：導電体、453：導電体、455：導電体、458：パンプ、459：接着層、461：導電体、463：導電体、501：絶縁体、501C：絶縁膜、501D：絶縁膜、504：導電膜、506：絶縁膜、508：半導体膜、508A：領域、508B：領域、508C：領域、510：基材、512A：導電膜、512B：導電膜、519B：端子、520：機能層、524：導電膜、530B：画素回路、530G：画素回路、550B：発光デバイス、550G：発光デバイス、550R：発光デバイス、550X：発光デバイス、551B：電極、551G：電極、551R：電極、551X：電極、552：導電膜、552B：電極、552G：電極、552R：電極、552X：電極、573：絶縁膜、591B：開口部、591G：開口部、601：トランジスタ、602：トランジスタ、603：トランジスタ、613：絶縁体、614：絶縁体、616：絶縁体、622：絶縁体、624：絶縁体、654：絶縁体、674：絶縁体、680：絶縁体、681：絶縁体、700：表示装置、701：基板、701B：基板、702B：画素、702G：画素、702R：画素、703：画素、705：絶縁膜、712：シール材、716：FPC、730：絶縁体、732：封止層、734：絶縁体、738：遮光層、750：トランジスタ、760：接続電極、770：基材、772：導電体、778：構造体、780：異方性導電体、786：EL層、788：導電体、790：容量、800：トランジスタ、801a：導電体、801b：導電体、805：導電体、811：導電体、813：導電体、814：絶縁体、816：絶縁体、817：導電体、821：絶縁体、822：絶縁体、824：絶縁体、853：導電体、854：絶縁体、855：導電体、874：絶縁体、880：絶縁体、881：絶縁体、8200：ヘッドマウントディスプレイ、8201：装着部、8202：レンズ、8203：本体、8204：表示部、8205：ケ

ーブル、8206：バッテリー、8300：ヘッドマウントディスプレイ、8301：筐体、8302：表示部、8304：固定具、8305：レンズ、8306：バッテリー、9000：筐体、9001：表示部、9003：スピーカ、9005：操作キー、9006：接続端子、9007：センサ、9009：バッテリー、9050：操作ボタン、9051：情報、9101：携帯情報端末、9200：携帯情報端末、9251：時刻、9252：操作ボタン、9253：コンテンツ、

請求の範囲

[請求項1]

第1の発光デバイスと、
 第2の発光デバイスと、を有し、
 前記第2の発光デバイスは、前記第1の発光デバイスと隣接し、
 前記第1の発光デバイスは、第1の電極、第2の電極、第1のユニット、第2のユニット、第1の中間層および第1の層を備え、
 前記第1のユニットは、前記第2の電極および前記第1の電極の間に挟まれ、
 前記第2のユニットは、前記第2の電極および前記第1のユニットの間に挟まれ、
 前記第1の中間層は、前記第2のユニットおよび前記第1のユニットの間に挟まれ、
 前記第1の層は、前記第1の中間層および前記第1のユニットの間に挟まれ、
 前記第1のユニットは、第1の光を射出する機能を備え、
 前記第2のユニットは、第2の光を射出する機能を備え、
 前記第1の中間層は、前記第2のユニットに正孔を供給する機能を備え、
 前記第1の中間層は、前記第1の層に電子を供給する機能を備え、
 前記第1の層は、不対電子を含み、
 前記不対電子は、電子スピン共鳴装置を用いて、 $1 \times 10^{16} \text{ spins/cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{18} \text{ spins/cm}^3$ 以下のスピン密度で観測することができ、
 前記第1の層は、第1の無機化合物および第1の有機化合物を含み、
 前記第1の有機化合物は、非共有電子対を備え、
 前記第1の有機化合物は、前記第1の無機化合物と相互に作用し、半占有軌道を形成し、
 前記第2の発光デバイスは、第3の電極、第4の電極、第3のユニット、第4のユニット、第2の中間層および第2の層を備え、
 前記第3のユニットは、前記第4の電極および前記第3の電極の間に挟まれ、
 前記第4のユニットは、前記第4の電極および前記第3のユニットの間に挟まれ、
 前記第2の中間層は、前記第4のユニットおよび前記第3のユニットの間に挟まれ、
 前記第2の層は、前記第2の中間層および前記第3のユニットの間に挟まれ、
 前記第3のユニットは、第3の光を射出する機能を備え、
 前記第4のユニットは、第4の光を射出する機能を備え、
 前記第2の中間層は、前記第4のユニットに正孔を供給する機能を備え、
 前記第2の中間層は、前記第2の層に電子を供給する機能を備え、
 前記第2の中間層は、前記第1の中間層との間に第1の間隙を備え、
 前記第2の層は、前記第1の層との間に第2の間隙を備え、
 前記第2の層は、前記第1の無機化合物および前記第1の有機化合物を含む、表示装置。

[請求項2]

前記第1の発光デバイスは、第3の層を備え、
 前記第3の層は、前記第1のユニットおよび第1の電極の間に挟まれ、
 前記第2の発光デバイスは、第4の層を備え、
 前記第4の層は、前記第3のユニットおよび第3の電極の間に挟まれ、
 前記第4の層は、前記第3の層との間に第3の間隙を備える、請求項1に記載の表示装置。

[請求項 3]

前記第 3 の層は、 $1 \times 10^2 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上 $1 \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下の電気抵抗率を備える、請求項 2 に記載の表示装置。

[請求項 4]

前記不対電子は、2.003以上2.004以下の範囲に g 値を備える、請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかーに記載の表示装置。

[請求項 5]

前記不対電子は、電子スピン共鳴装置を用いて、大気中において、24時間経過後に、初期の50%以上のスピン密度で観測することができる、請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかーに記載の表示装置。

[請求項 6]

前記第 1 の有機化合物は、電子不足型複素芳香環を有する、請求項 1 乃至請求項 5 のいずれかーに記載の表示装置。

[請求項 7]

前記第 1 の有機化合物は、 -3.6 eV 以上 -2.3 eV 以下の範囲に、LUMO準位を備える、請求項 1 乃至請求項 6 のいずれかーに記載の表示装置。

[請求項 8]

前記第 1 の無機化合物は、金属元素および酸素を含む、請求項 1 乃至請求項 7 のいずれかーに記載の表示装置。

[請求項 9]

前記第 1 の無機化合物は、リチウムおよび酸素を含む、請求項 1 乃至請求項 7 のいずれかーに記載の表示装置。

[請求項 10]

前記第 1 の中間層は、不対電子を有する、請求項 1 乃至請求項 9 のいずれかーに記載の表示装置。

[請求項 11]

前記第 1 の中間層は、第 2 の有機化合物および第 3 の有機化合物を含み、
前記第 2 の有機化合物は、電子過剰型複素芳香環または芳香族アミンの少なくとも一つを有し、
前記第 2 の有機化合物は、 -5.7 eV 以上 -5.3 eV 以下の範囲にHOMO準位を有し、
前記第 3 の有機化合物は、フッ素を有し、
前記第 3 の有機化合物は、 -5.0 eV 以下にLUMO準位を有し、
前記第 3 の有機化合物は、前記第 2 の有機化合物に対して、電子受容性を有する、請求項 1 乃至請求項 10 のいずれかーに記載の表示装置。

[請求項 12]

前記第 3 の有機化合物は、シアノ基を有する、請求項 11 に記載の表示装置。

[請求項 13]

前記第 1 の中間層は、金属元素を含まない、請求項 1 乃至請求項 12 のいずれかーに記載の表示装置。

[請求項 14]

前記第 1 の中間層は、第 5 の層および第 6 の層を有し、
前記第 5 の層は、前記第 1 の層と前記第 6 の層の間に挟まれ、

前記第5の層は、第4の有機化合物を含み、

前記第4の有機化合物は、 -4.0 eV 以上 -3.3 eV 以下の範囲に、LUMO準位を備える、請求項1乃至請求項13のいずれかーに記載の表示装置。

[請求項15]

第1の機能層と、

第2の機能層と、

表示領域と、を有し、

前記第1の機能層は、駆動回路を含み、

前記駆動回路は、第1の画像信号および第2の画像信号を生成し、

前記第2の機能層は、前記第1の機能層と重なり、

前記第2の機能層は、第1の画素回路および第2の画素回路を含み、

前記第1の画素回路は、前記第1の画像信号を供給され、

前記第2の画素回路は、前記第2の画像信号を供給され、

前記表示領域は、一組の画素を備え、

前記一組の画素は、第1の画素および第2の画素を含み、

前記第1の画素は、前記第1の発光デバイスおよび前記第1の画素回路を備え、

前記第1の発光デバイスは、前記第1の画素回路と電気的に接続され、

前記第2の画素は、前記第2の発光デバイスおよび前記第2の画素回路を備え、

前記第2の発光デバイスは、前記第2の画素回路と電気的に接続される、請求項1乃至請求項14のいずれかーに記載の表示装置。

[請求項16]

演算部と、

請求項1乃至請求項15のいずれかーに記載の表示装置と、を有し、

前記演算部は、画像情報を生成し、

前記表示装置は、前記画像情報を表示する、電子機器。

[請求項17]

演算部と、

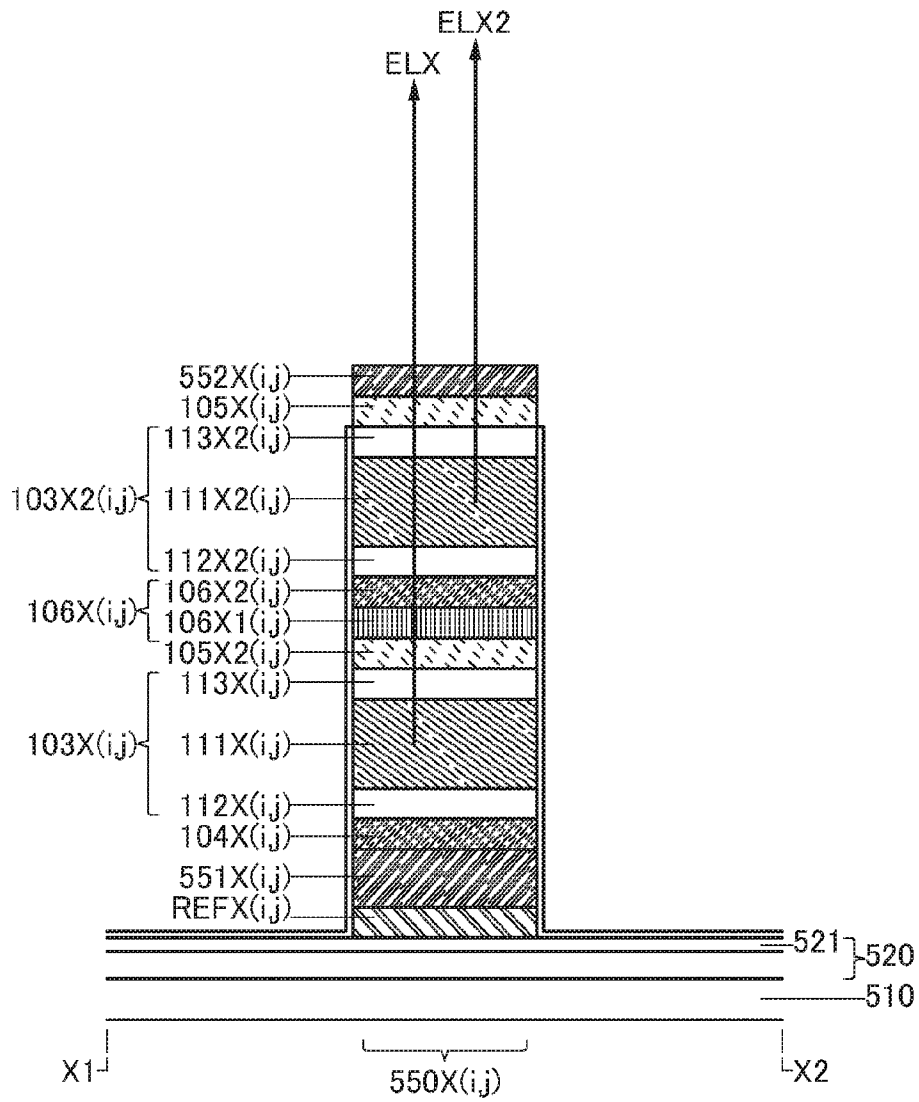
請求項15に記載の表示装置と、を有し、

前記第1の機能層は、前記演算部を含み、

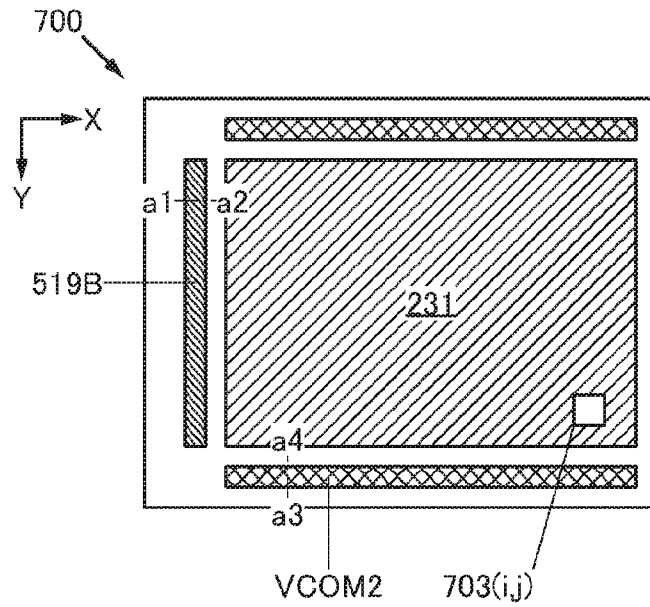
前記演算部は、画像情報を生成し、

前記表示装置は、前記画像情報を表示する、電子機器。

図 1



2A



2B

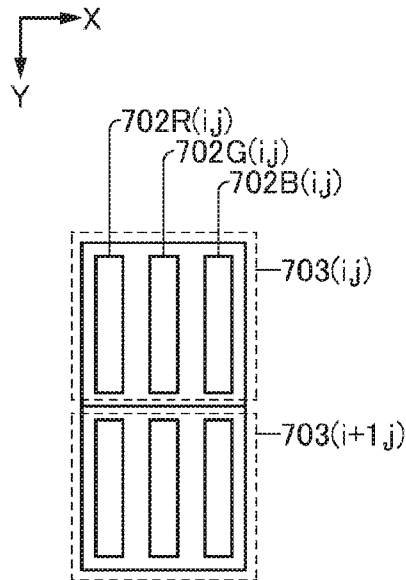
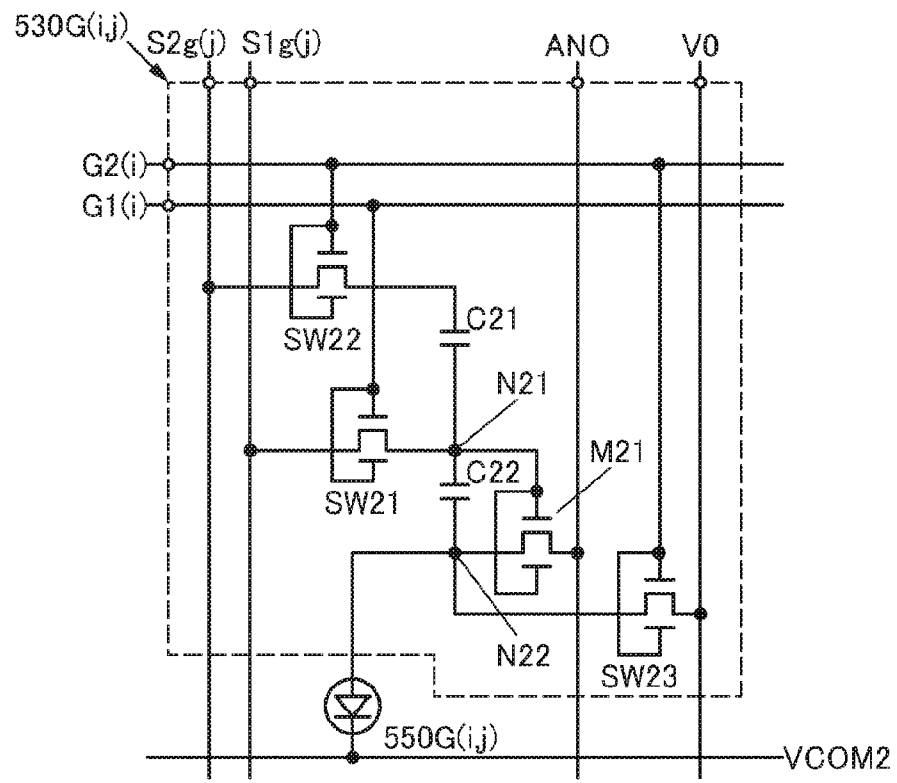
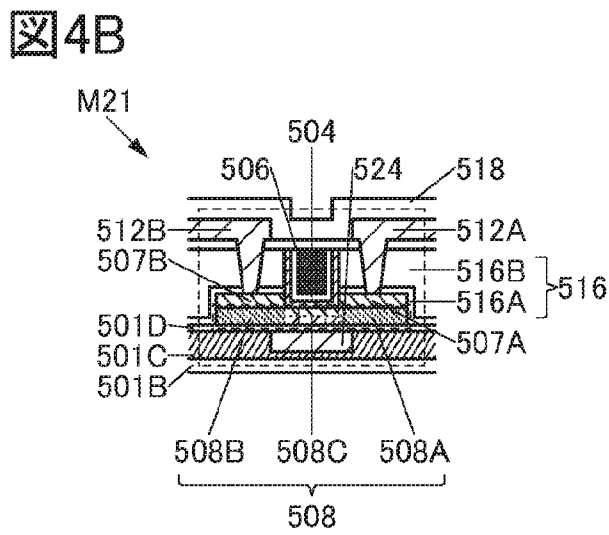
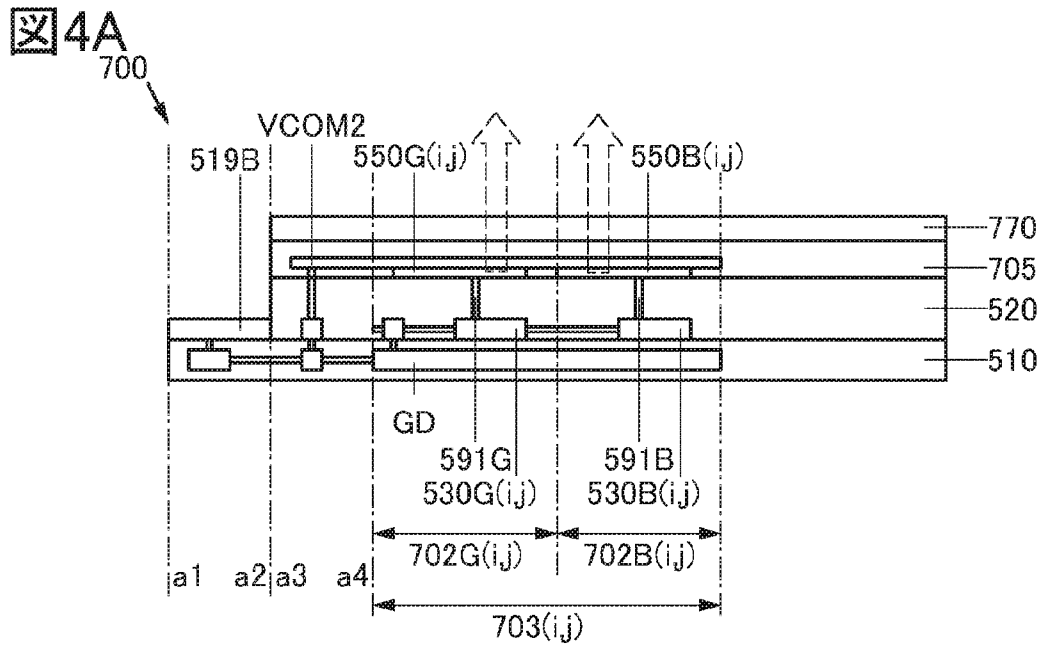
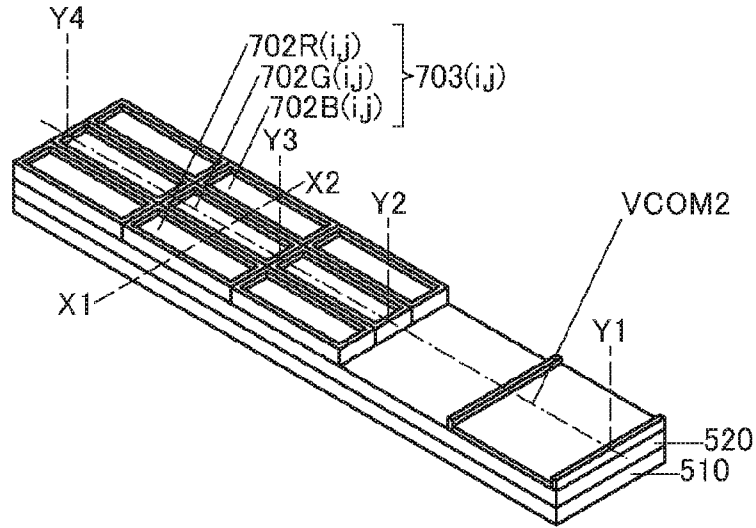


図3

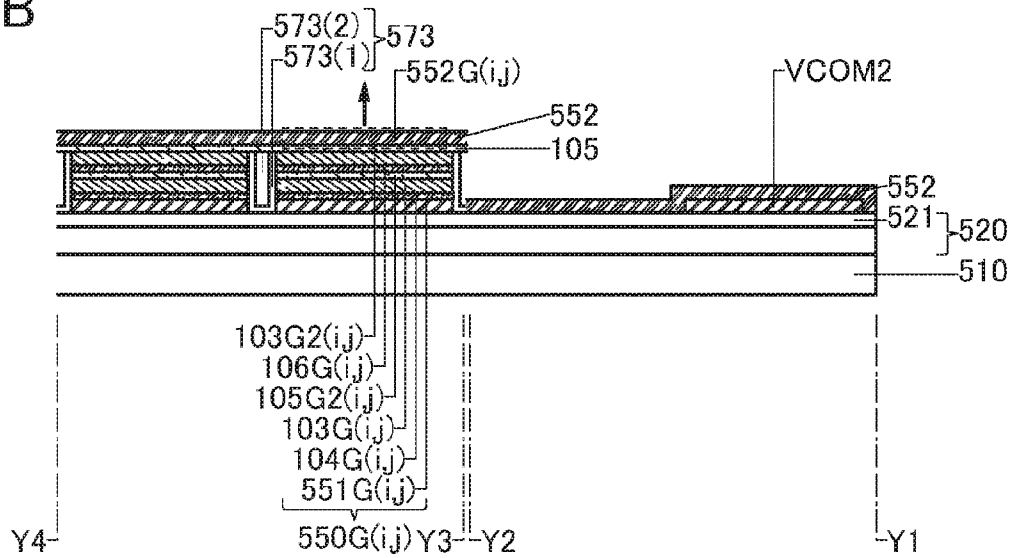




5A



5B



5C

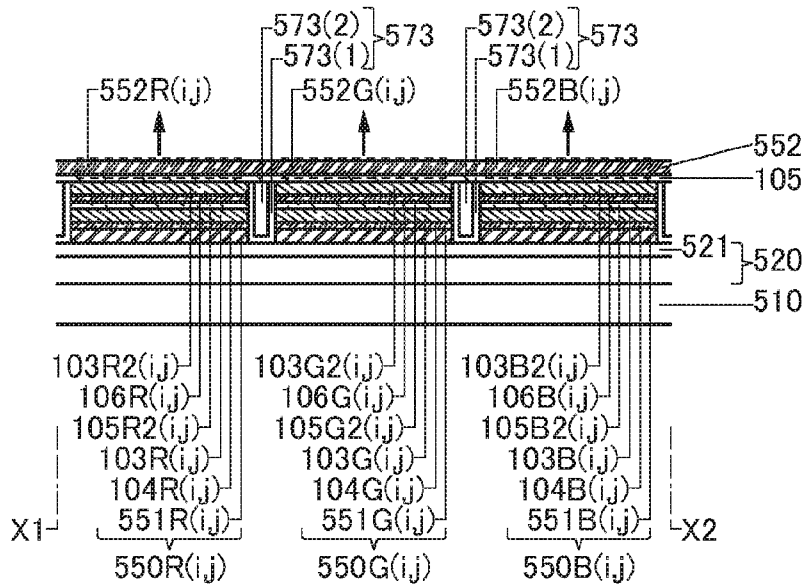


図6

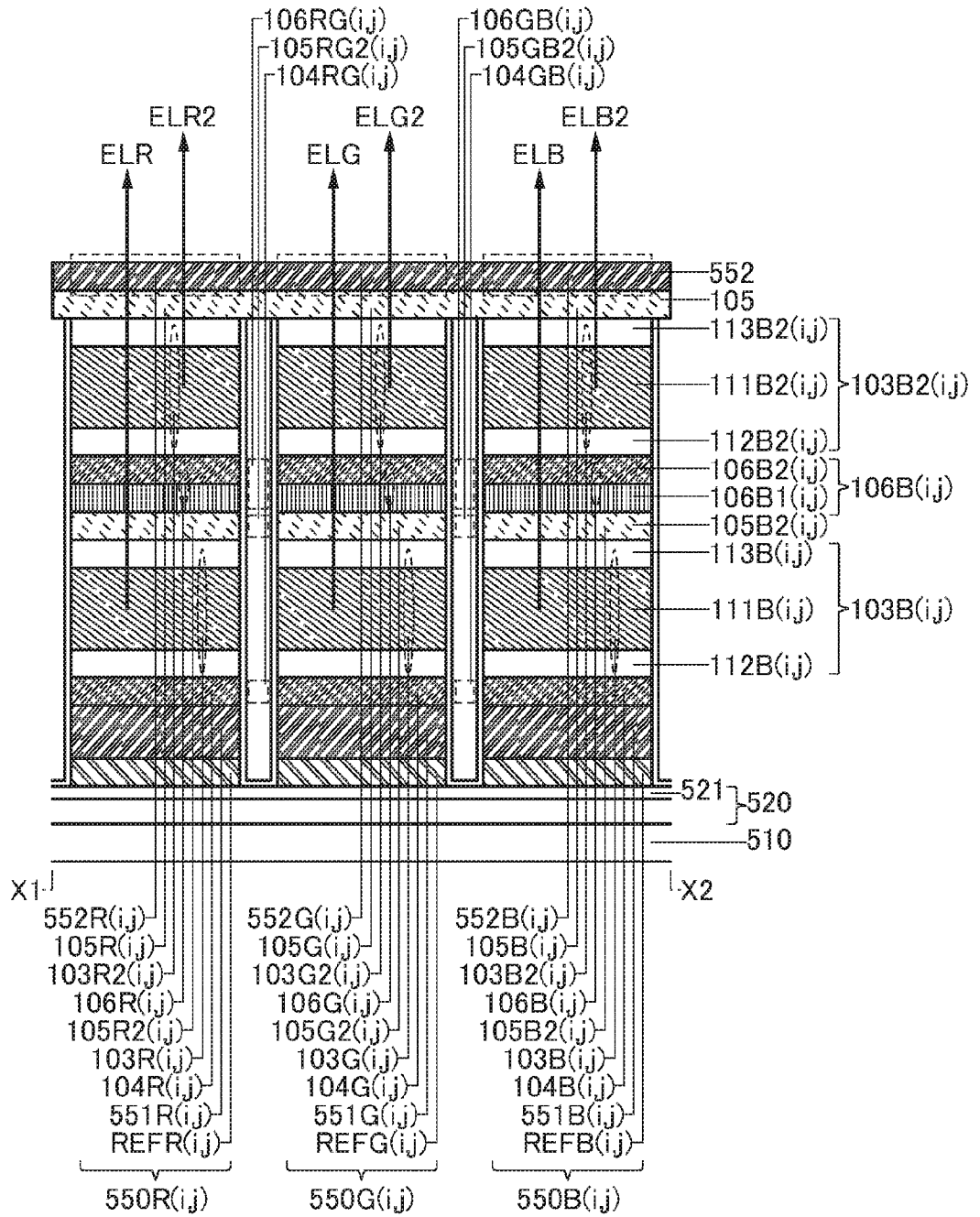
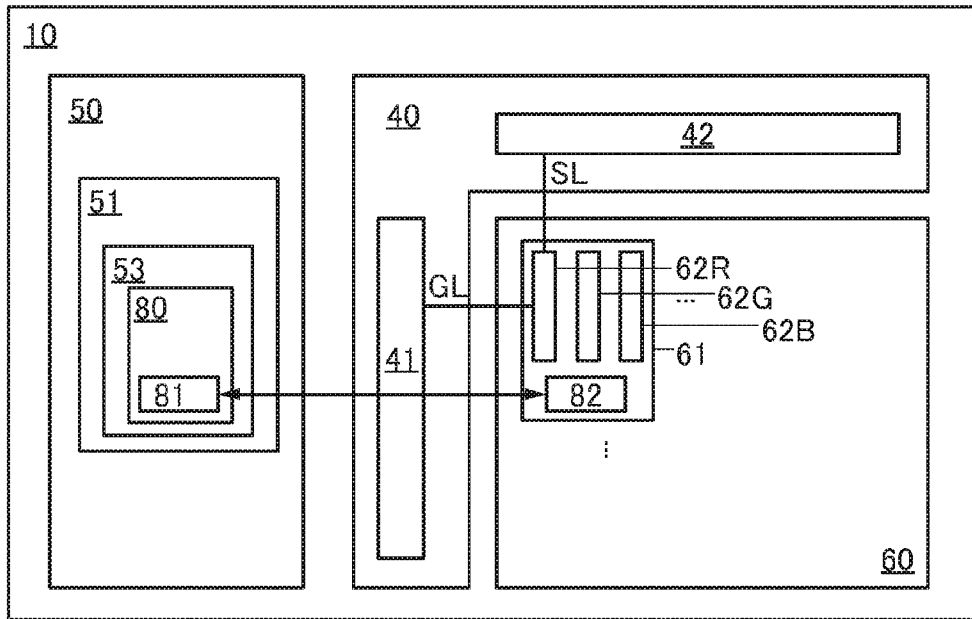


図 7



8

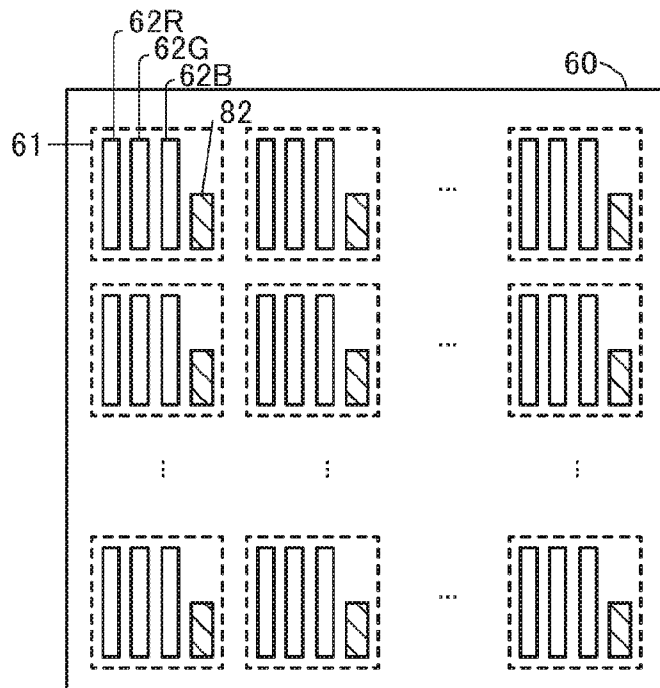


図9

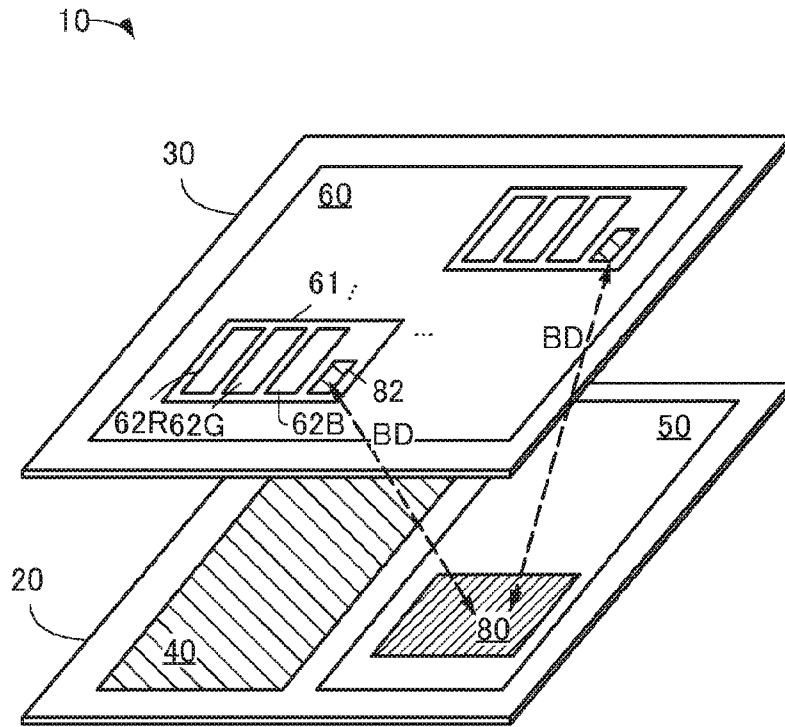


図 11

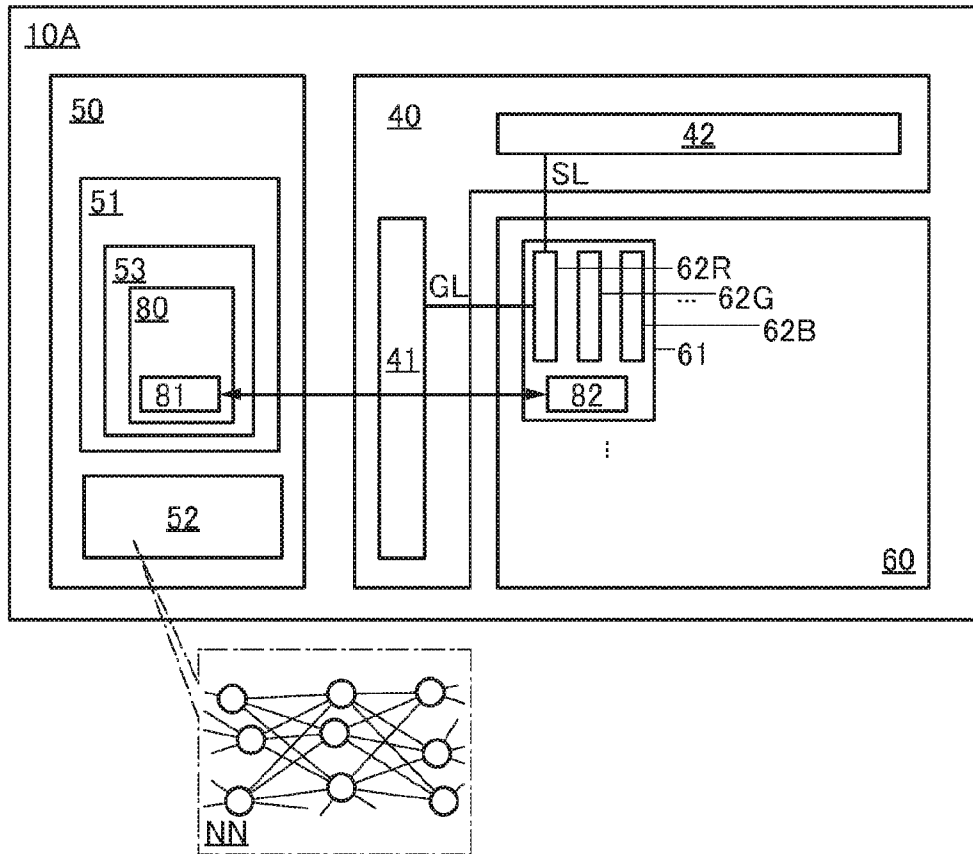


図12A



図12B

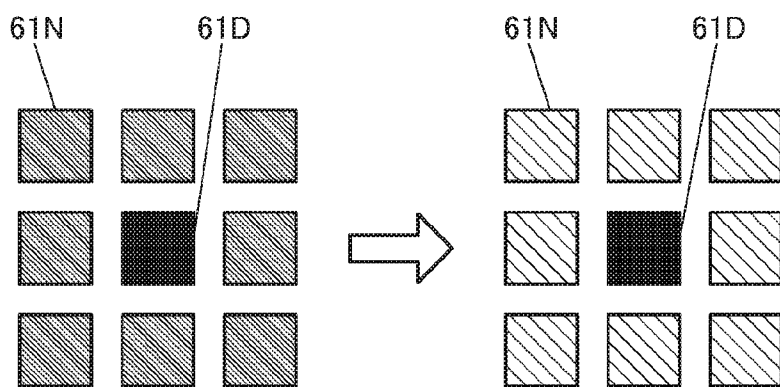


图 13

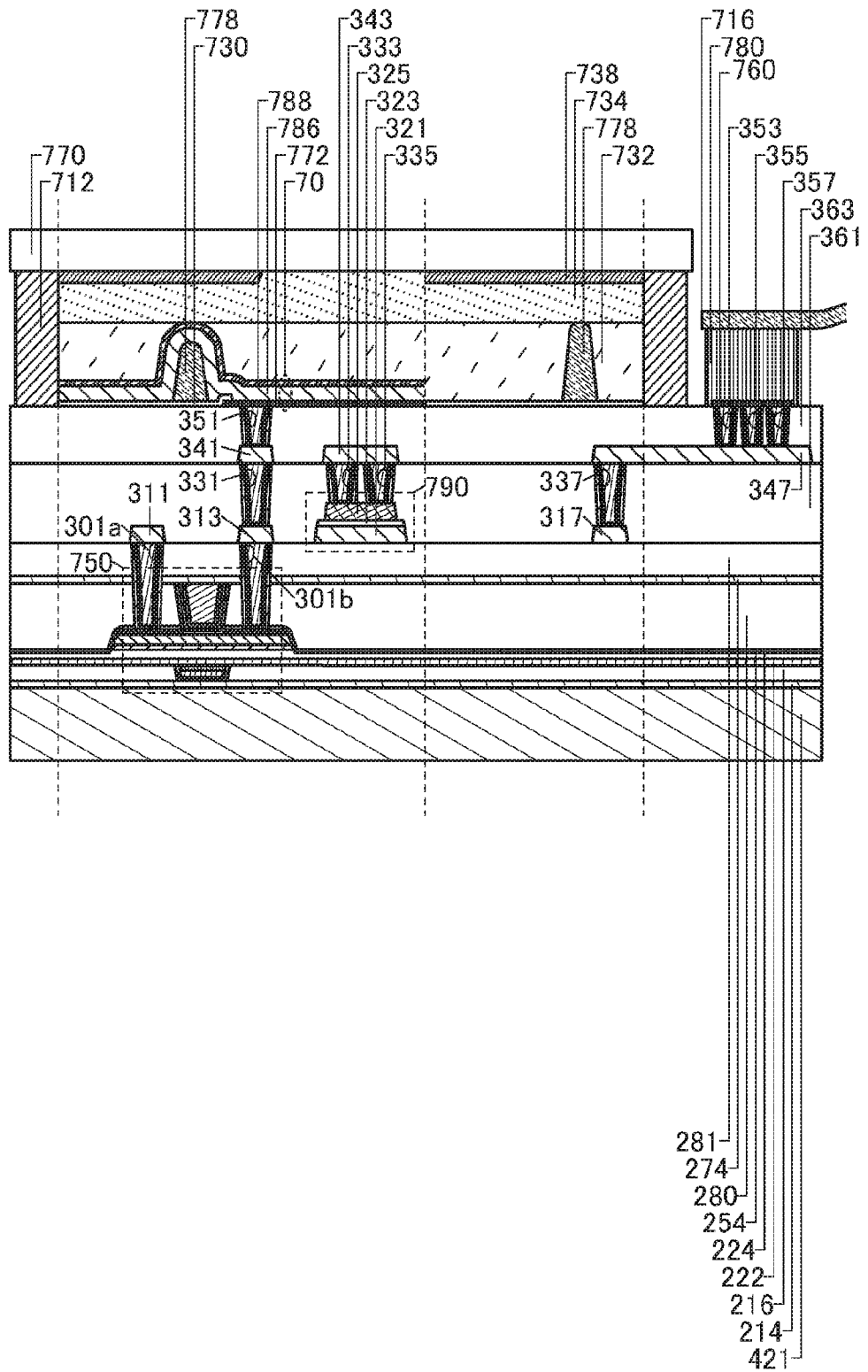


图 14

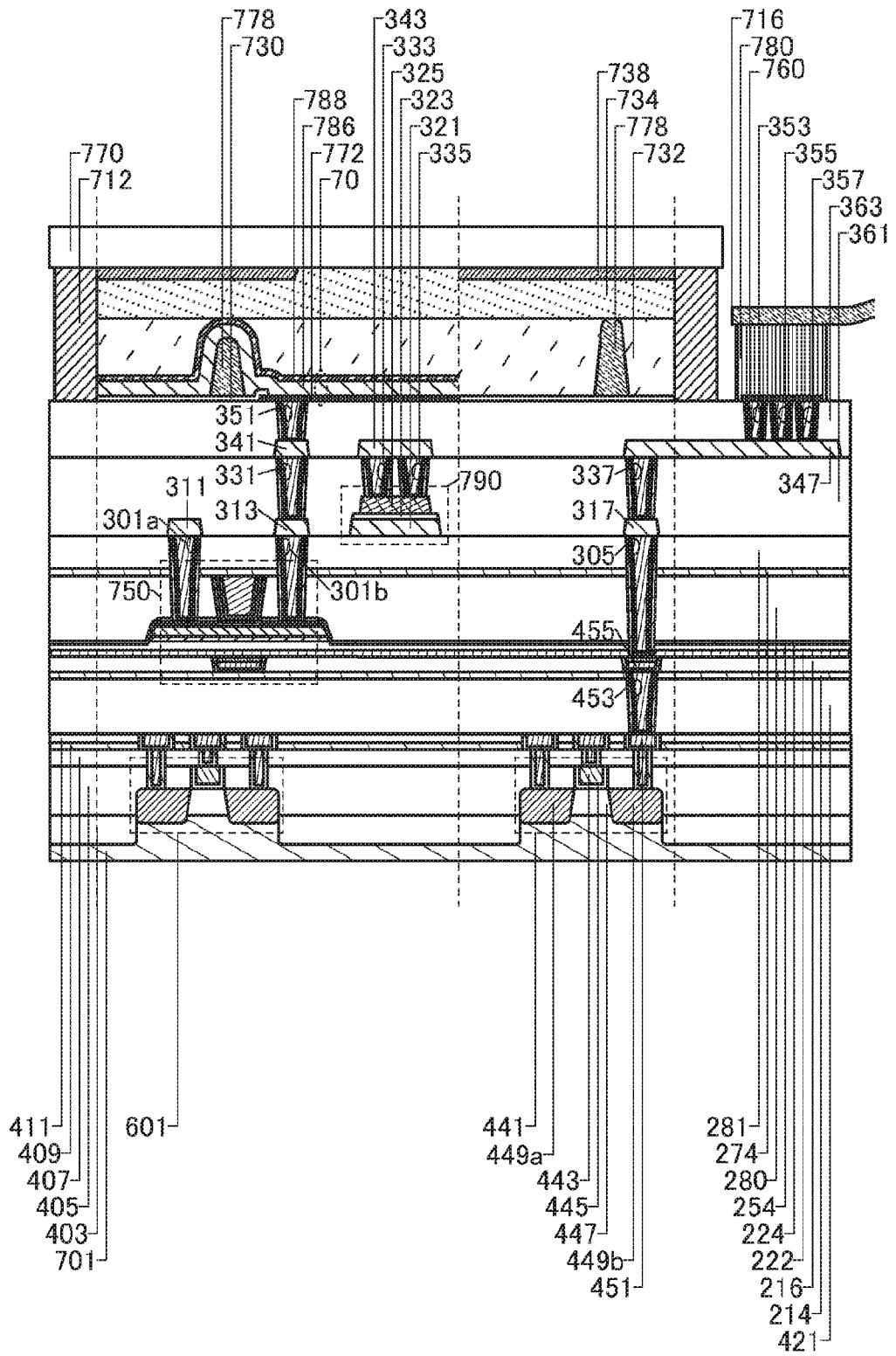


図 15

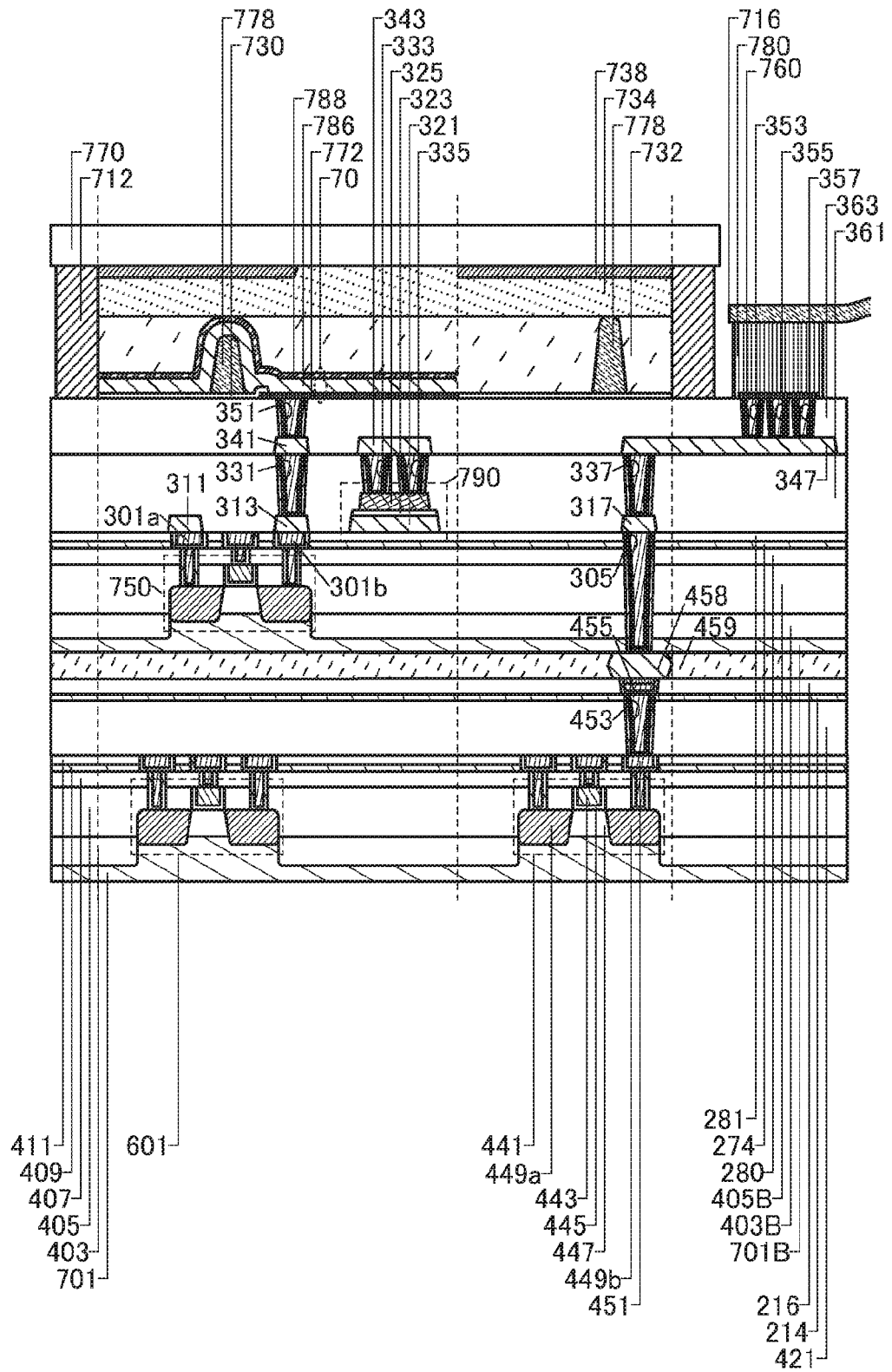


图 16

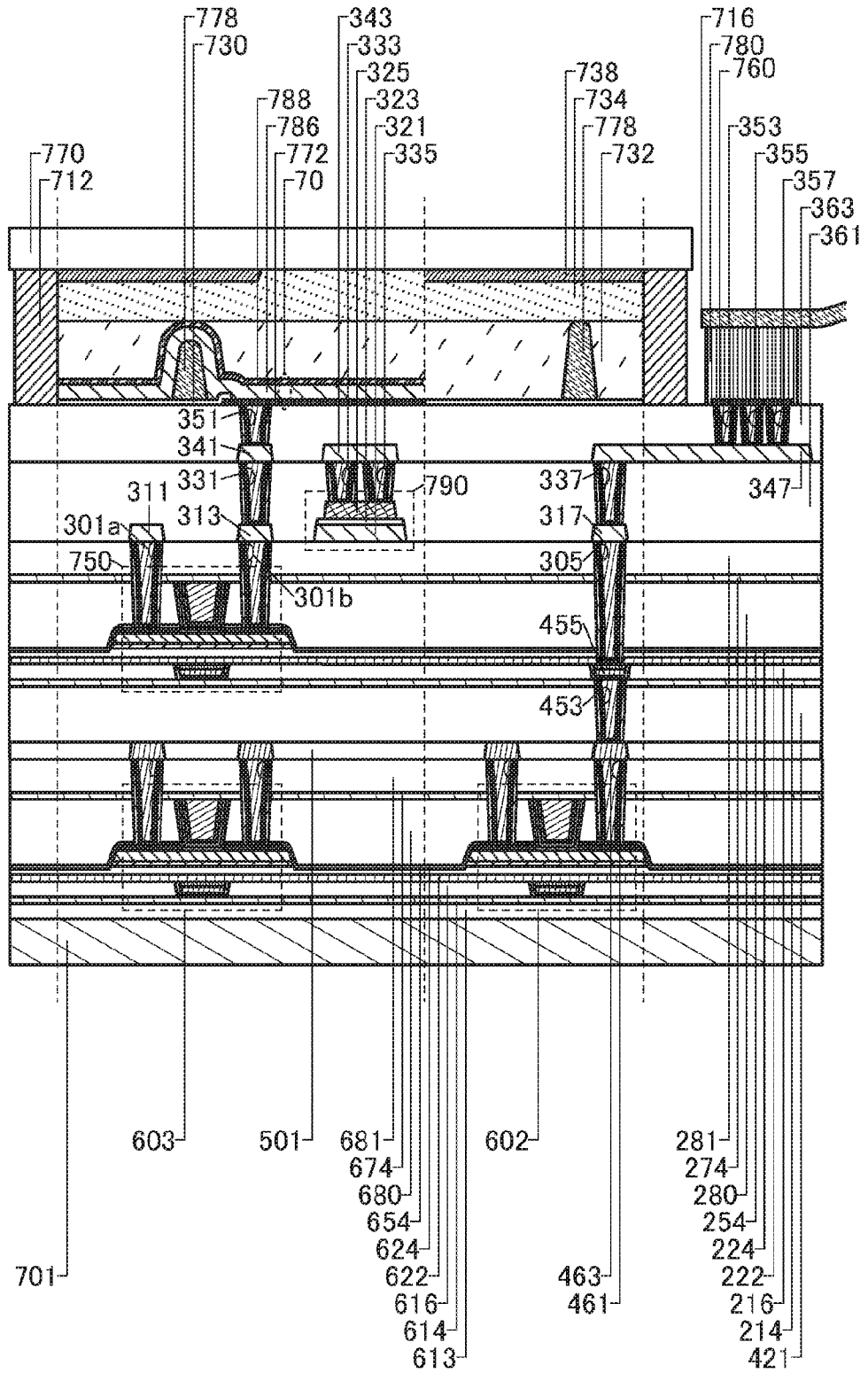
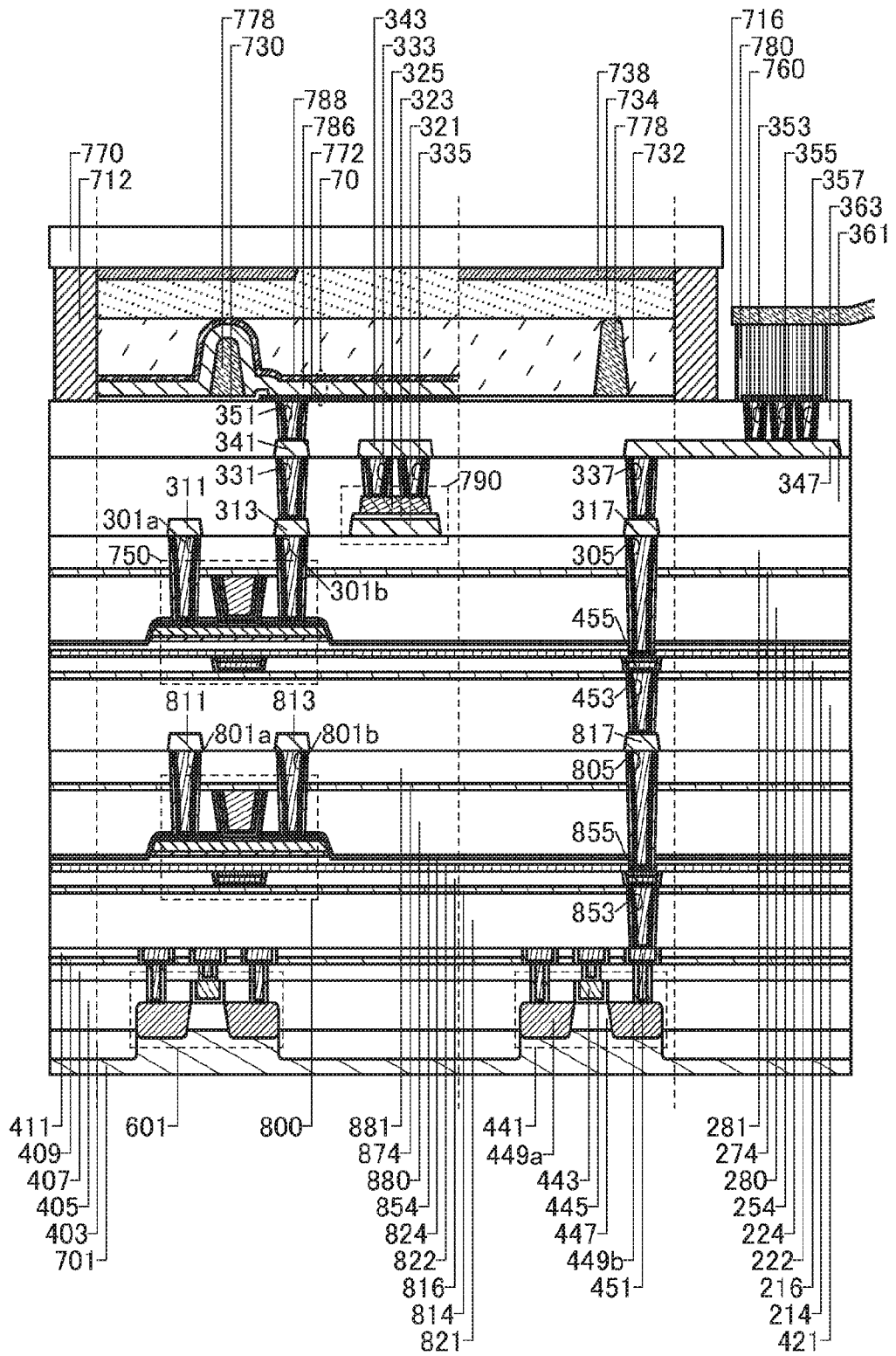
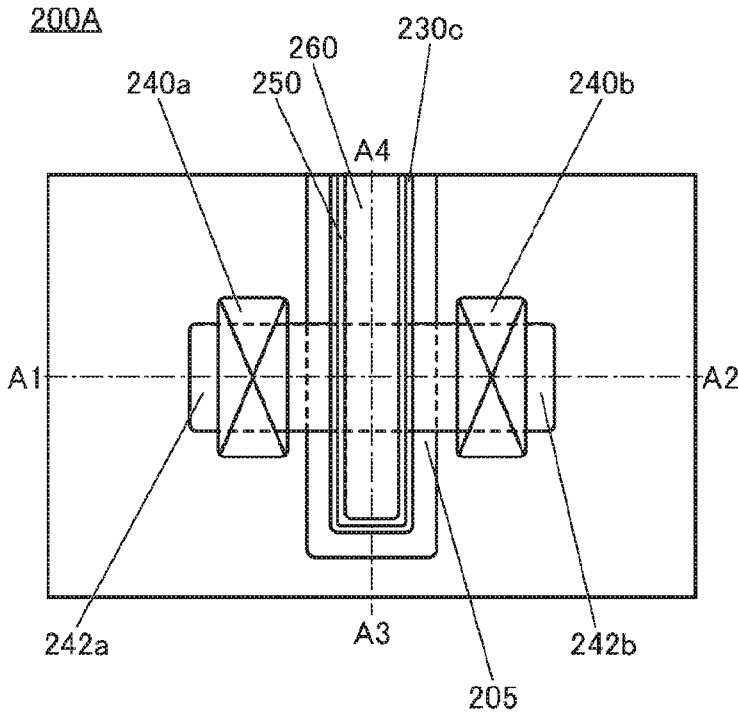


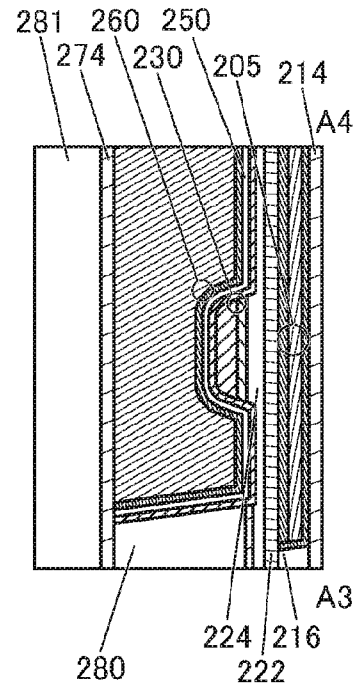
图 17



18A



18C



18B

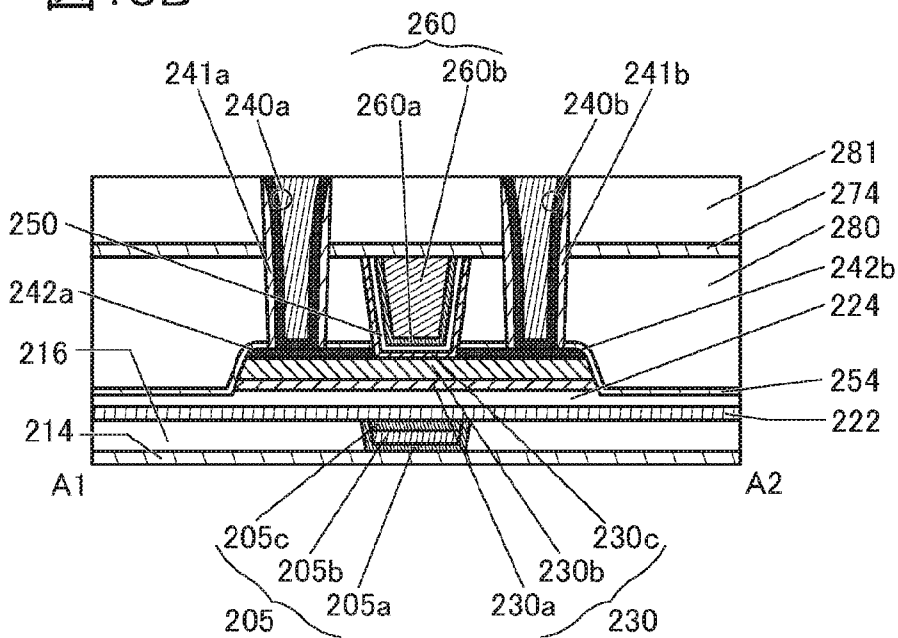


図19A

中間状態
新しい境界領域

Amorphous (無定形)	Crystalline (結晶性)	Crystal (結晶)
<ul style="list-style-type: none"> • completely amorphous 	<ul style="list-style-type: none"> • CAAC • nc • CAC <p>excluding single crystal and poly crystal</p>	<ul style="list-style-type: none"> • single crystal • poly crystal

図19B

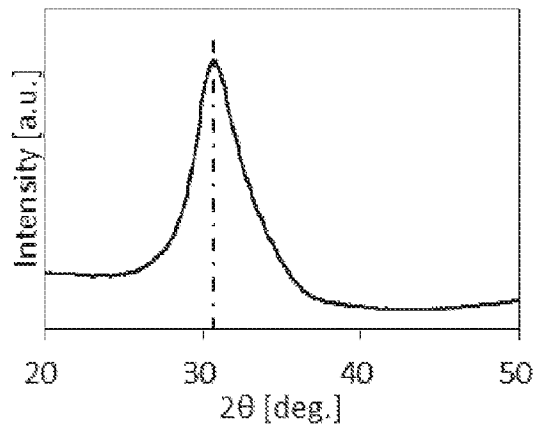
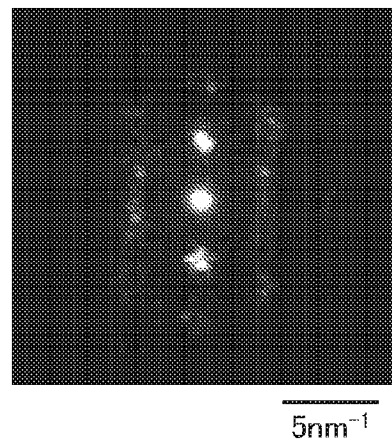
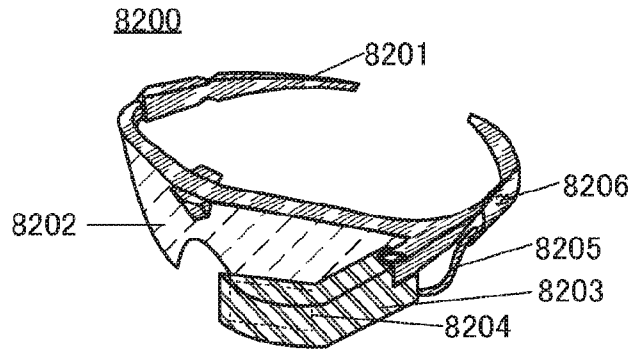


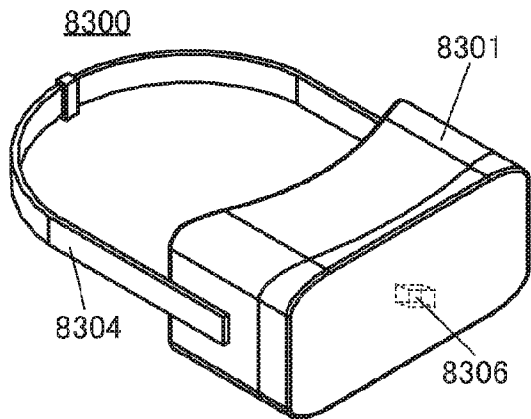
図19C



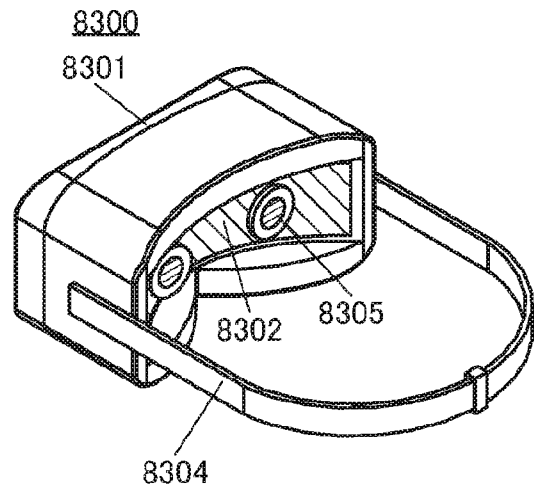
20A



20B



20C



20D

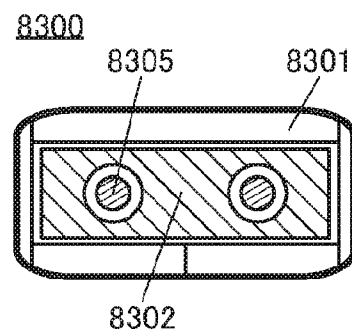


図21A

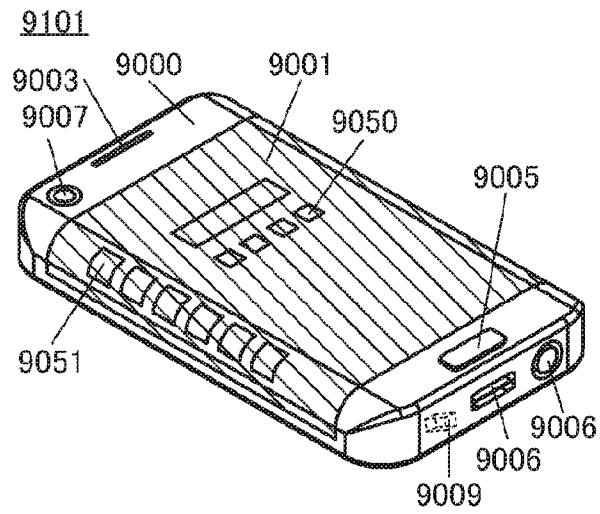
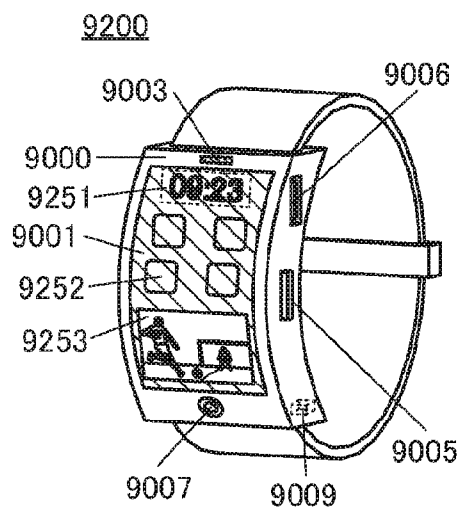


図21B



22

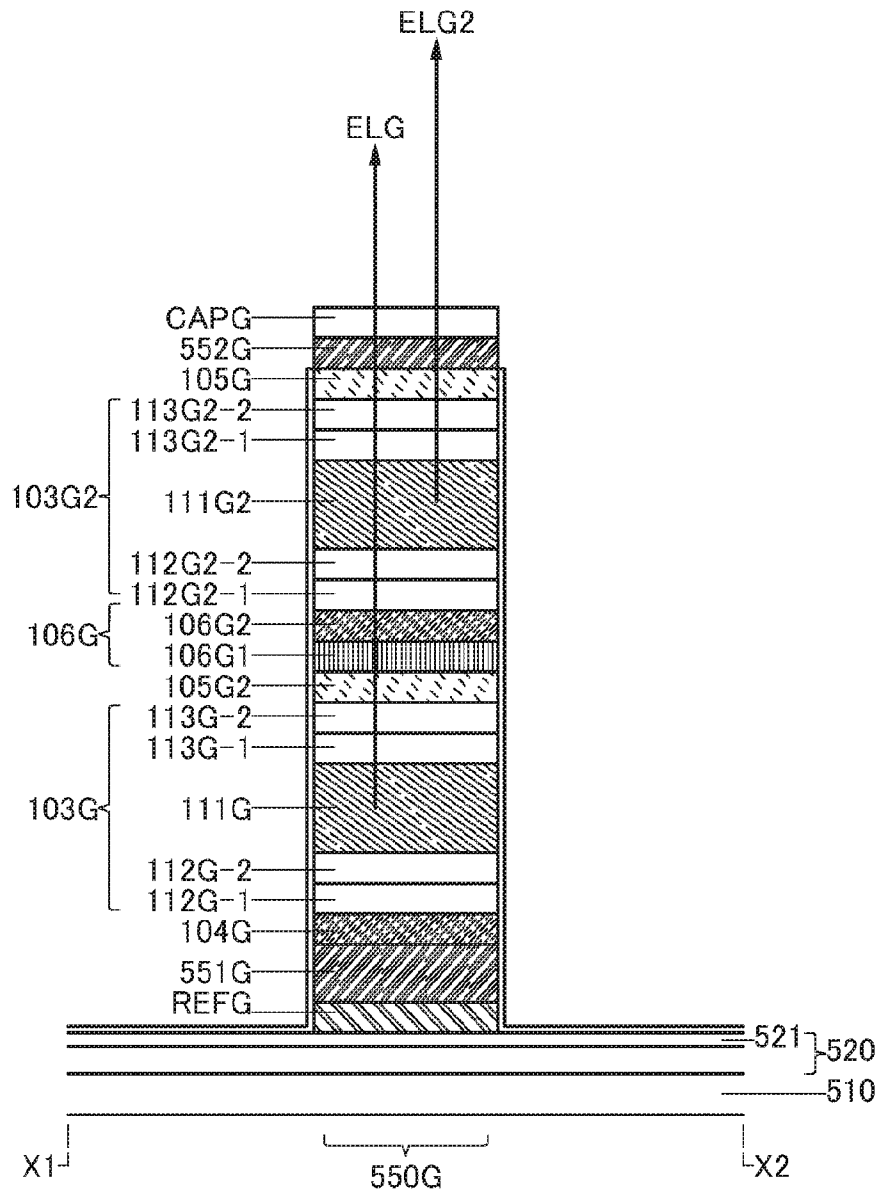


図 23

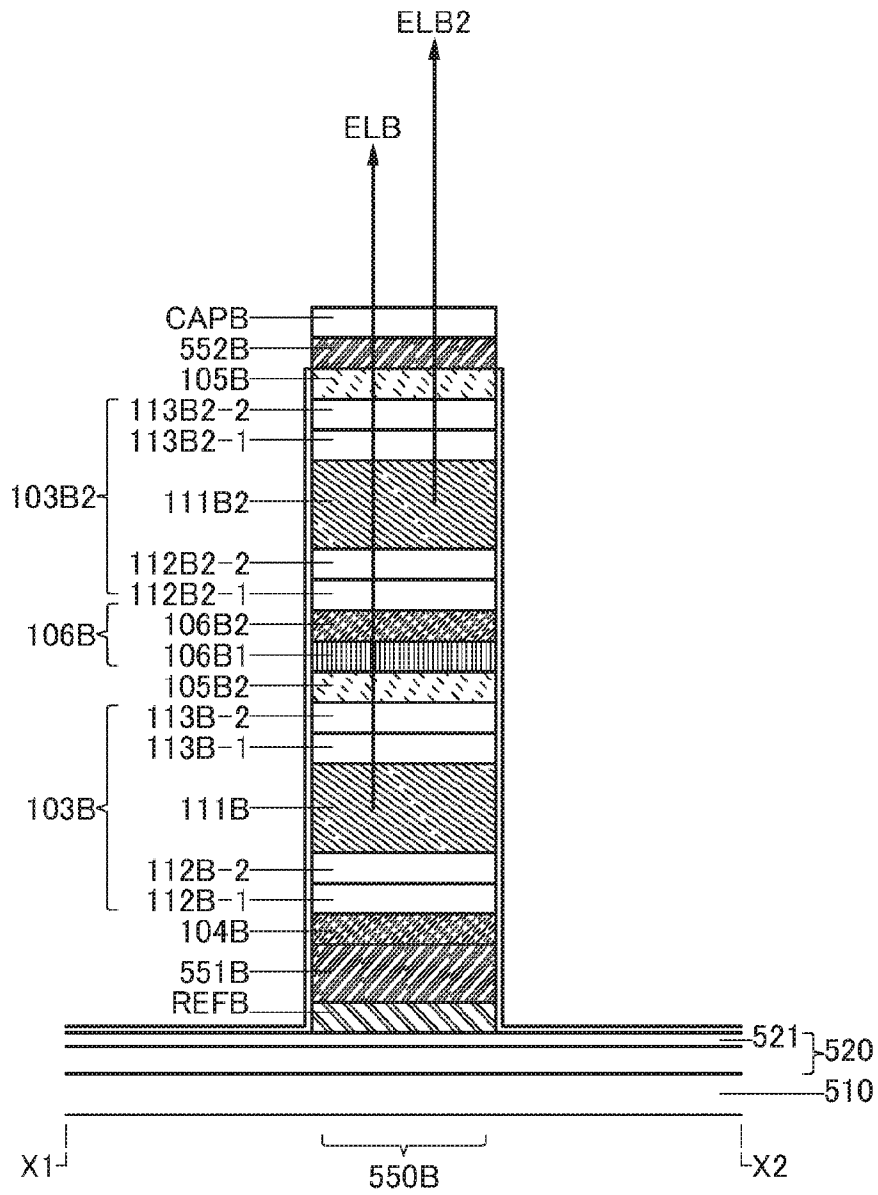


図24

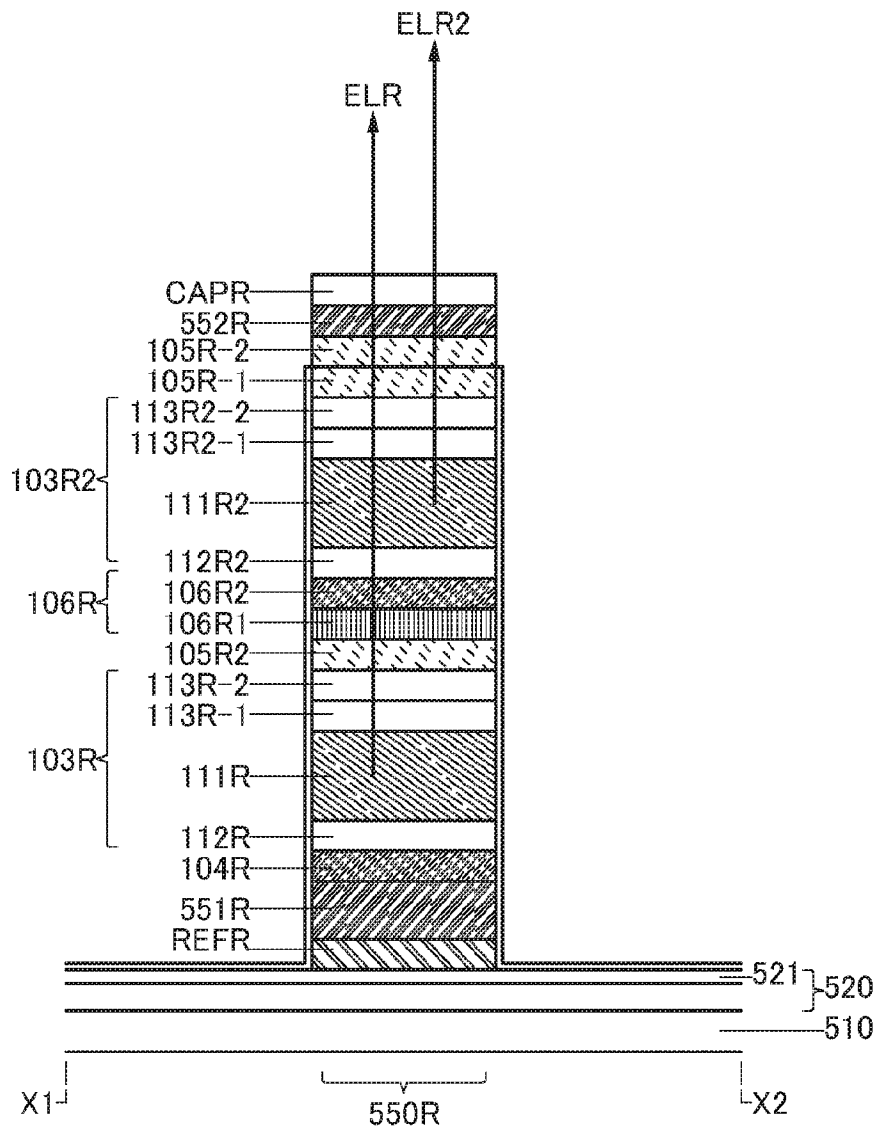


図25

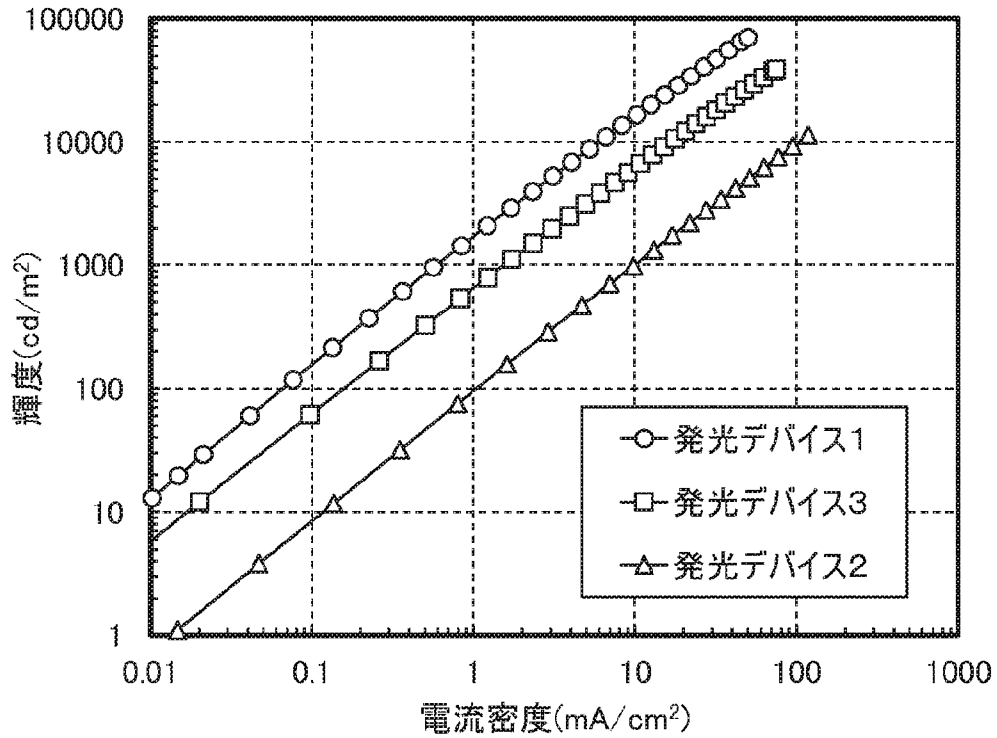


図26

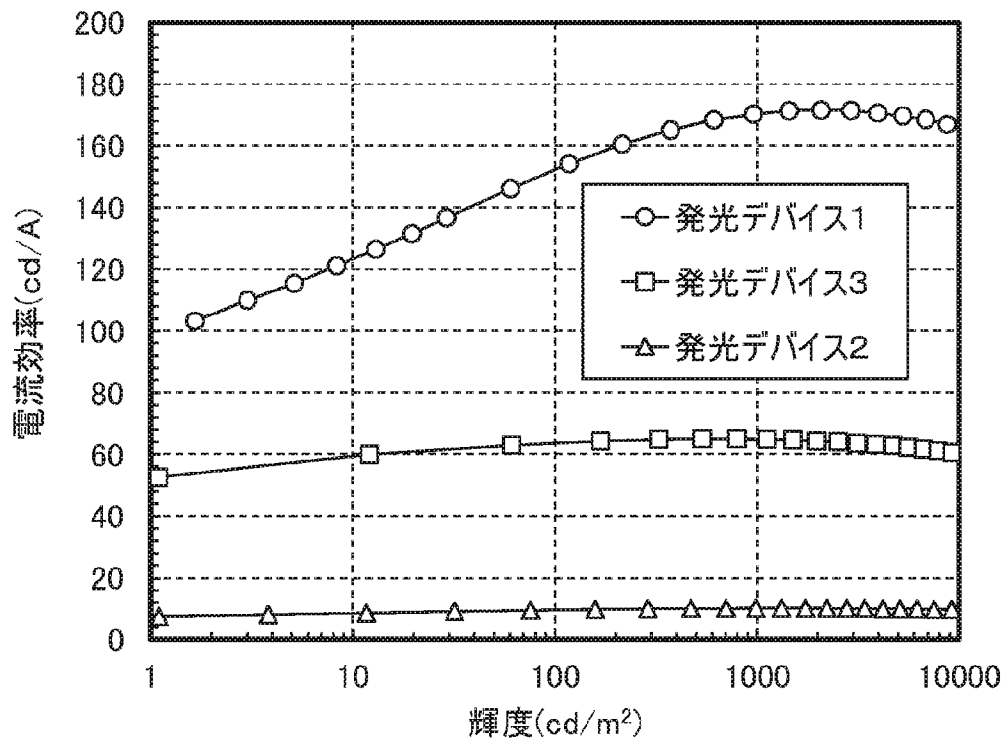


図27

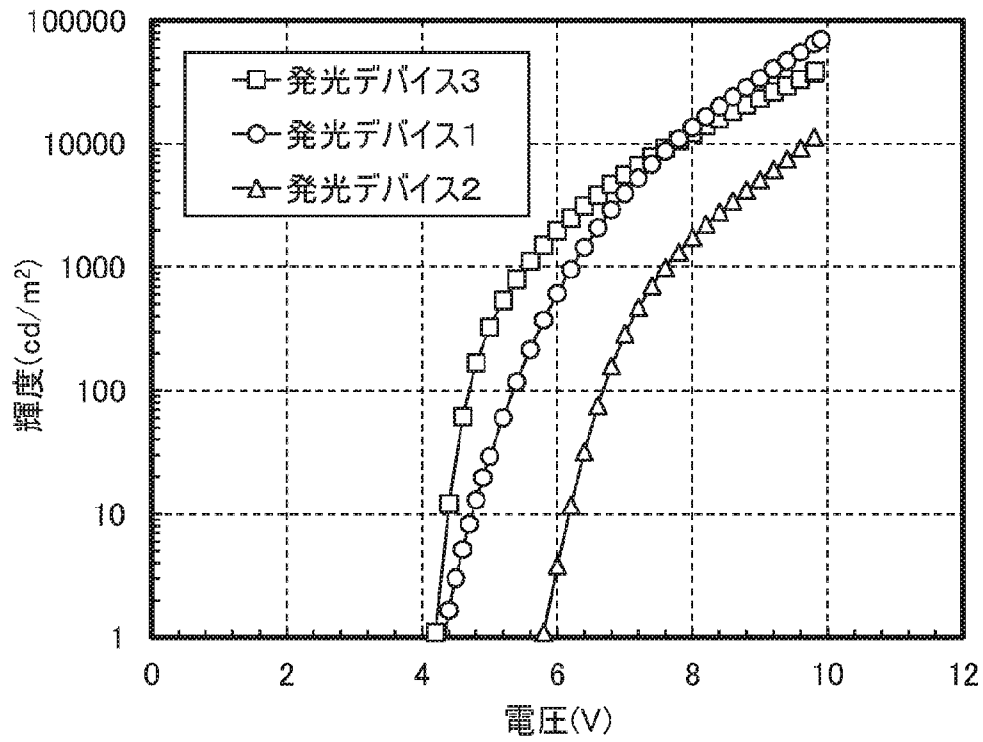


図28

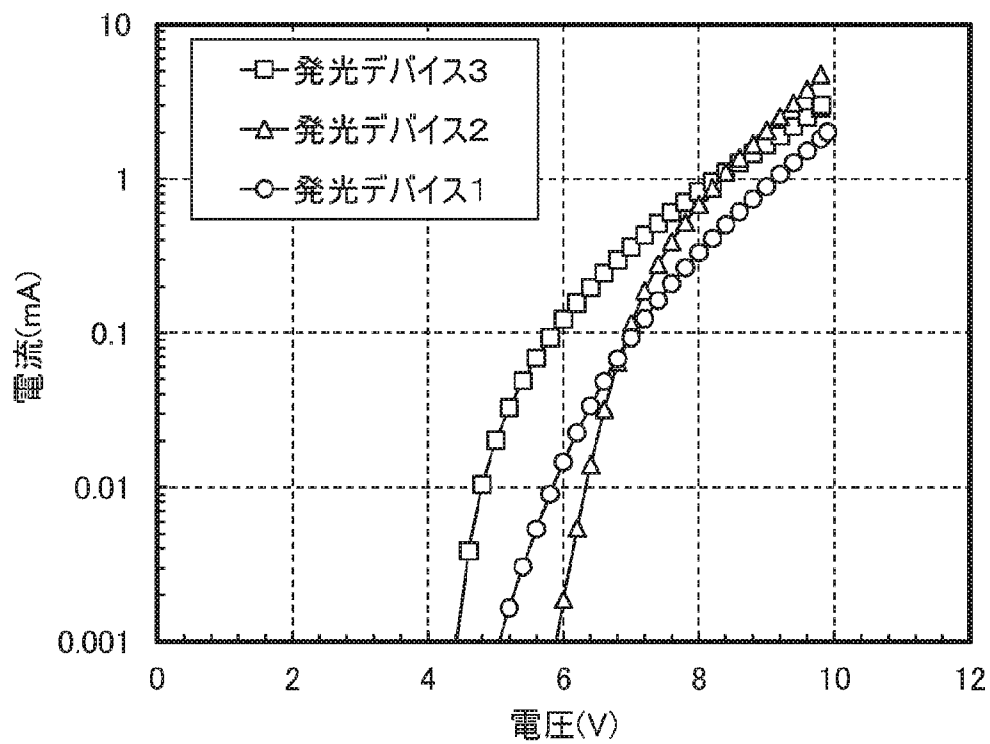


図29

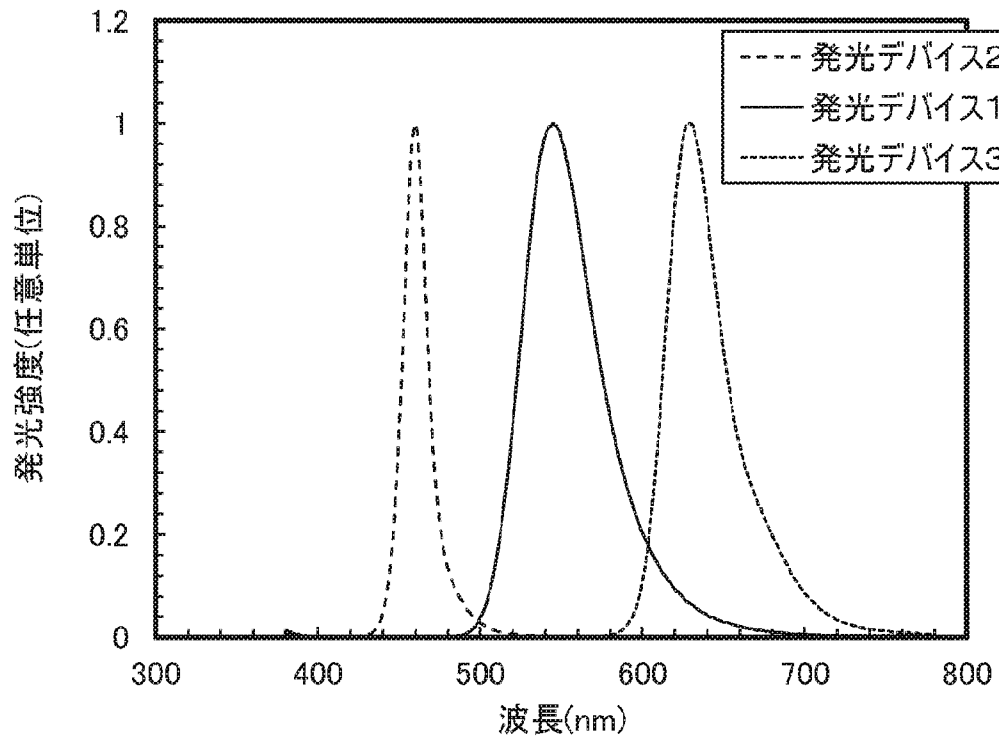


図 30

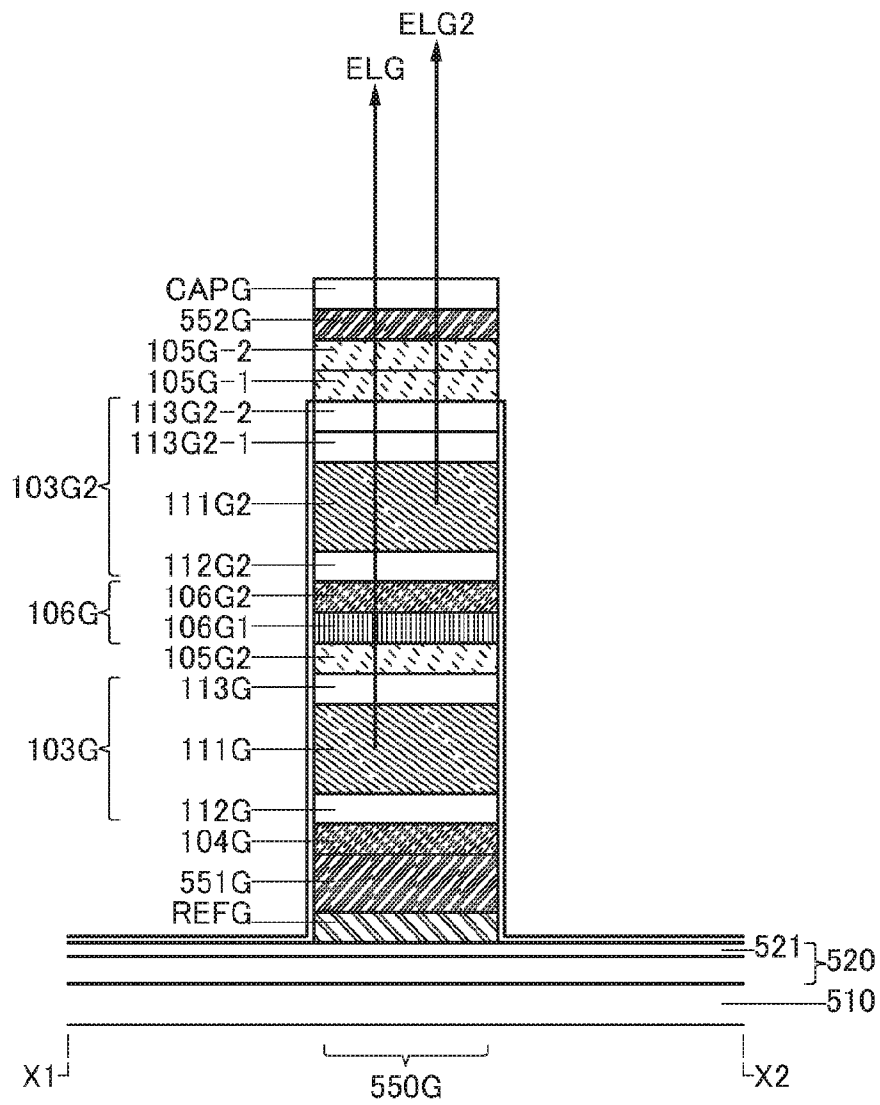


図 31

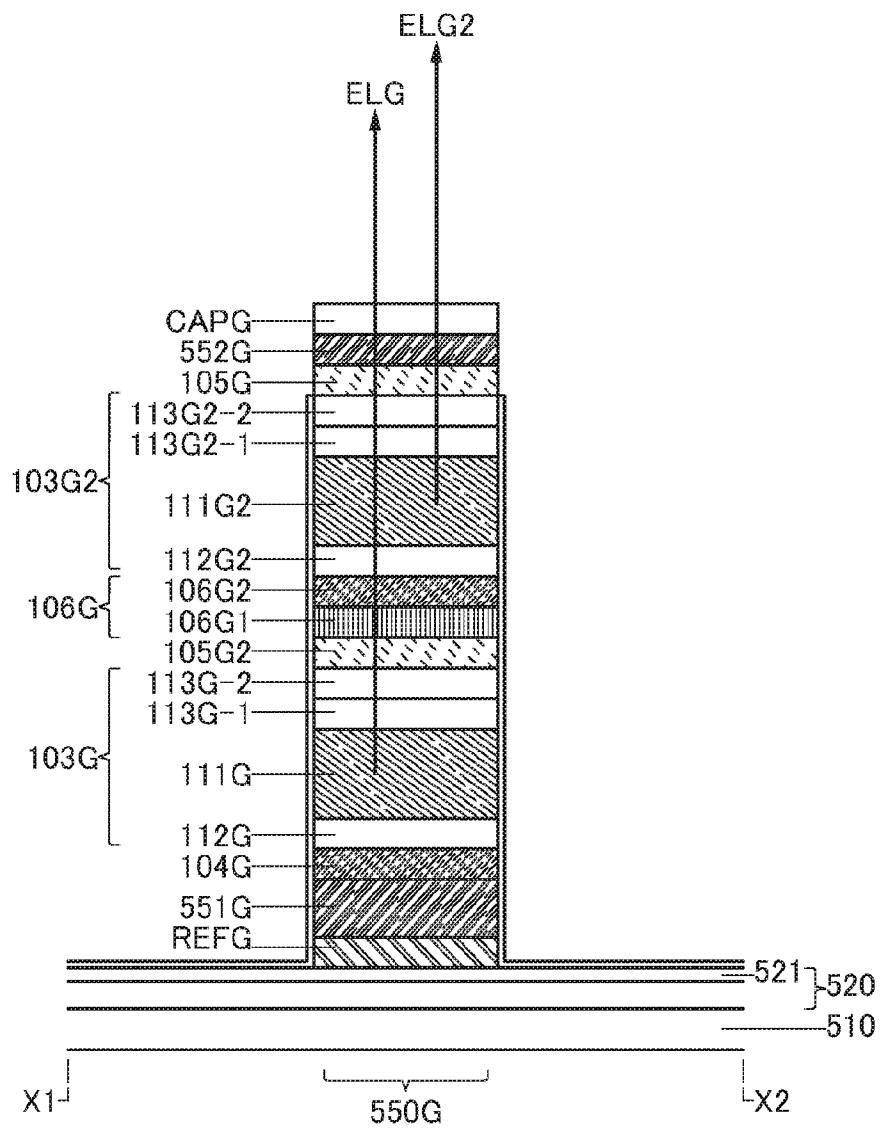


図32

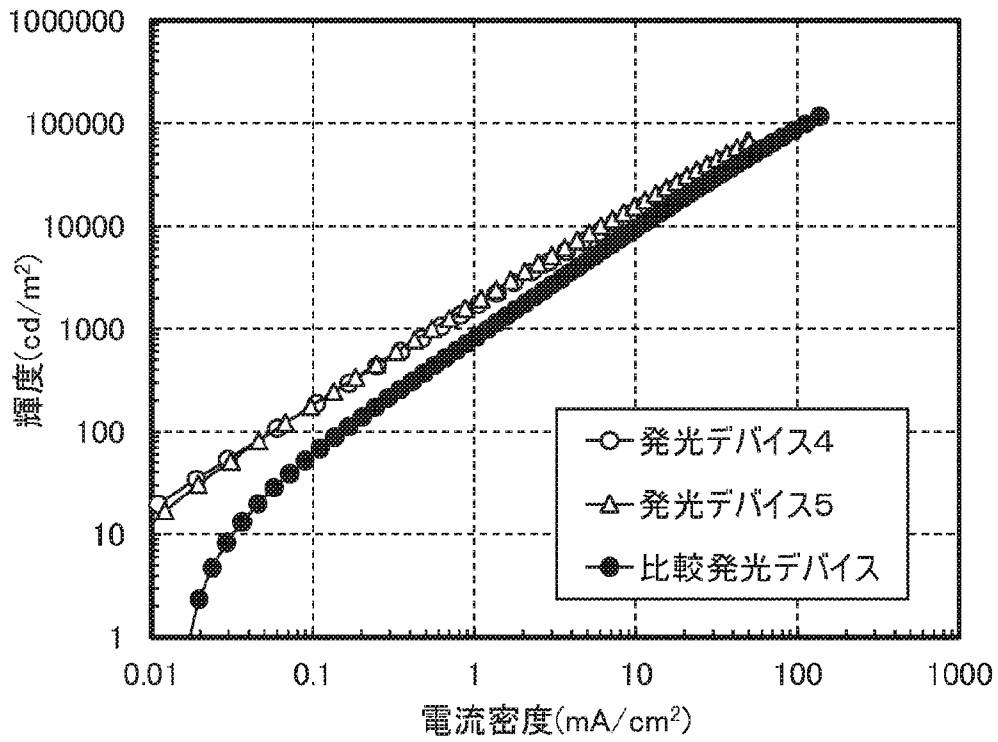


図33

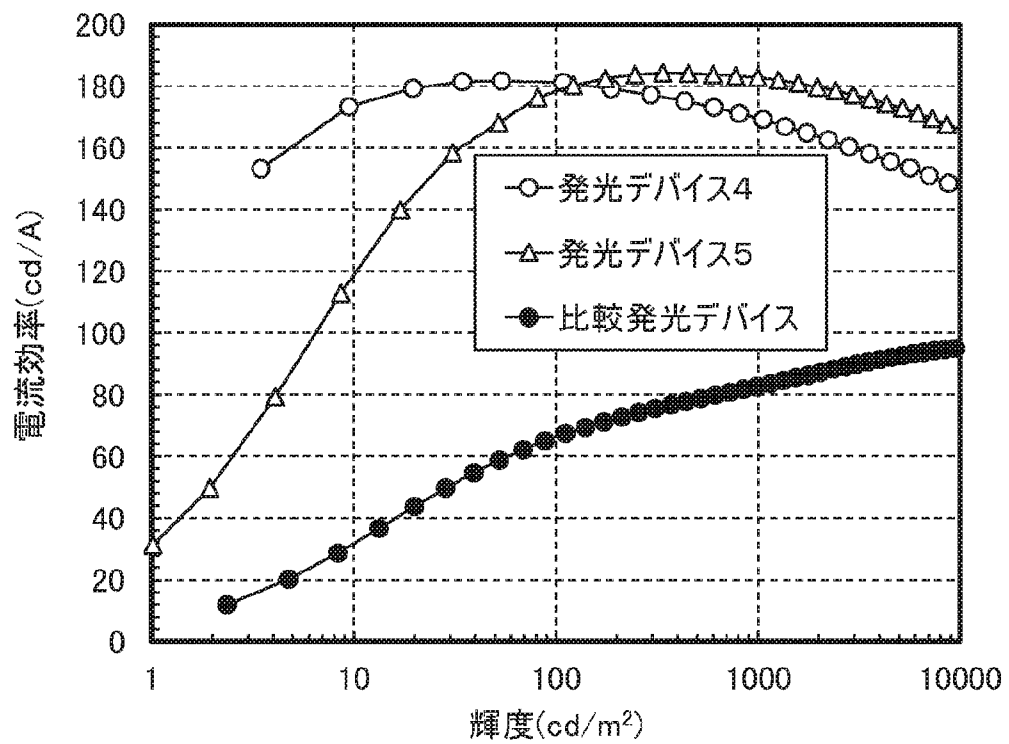


図34

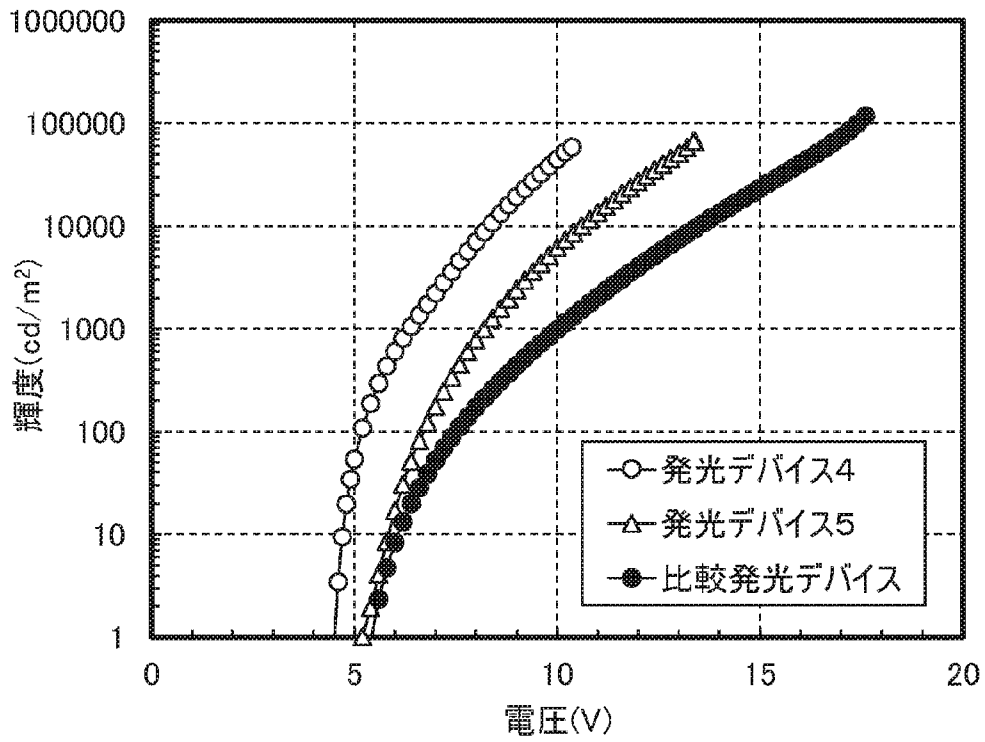


図35

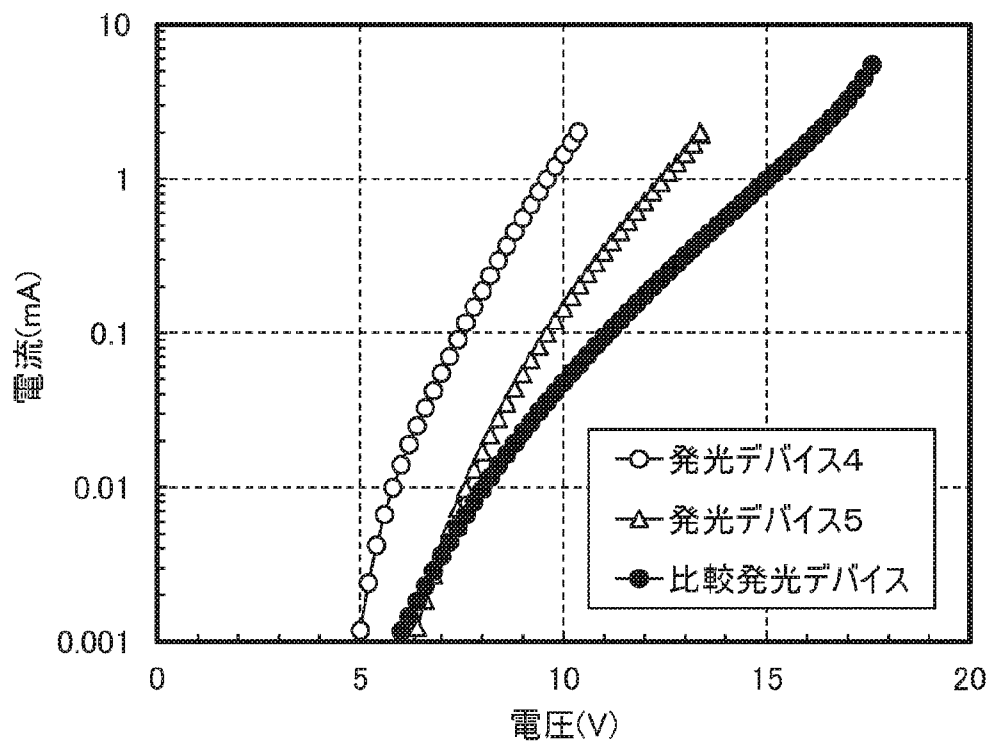
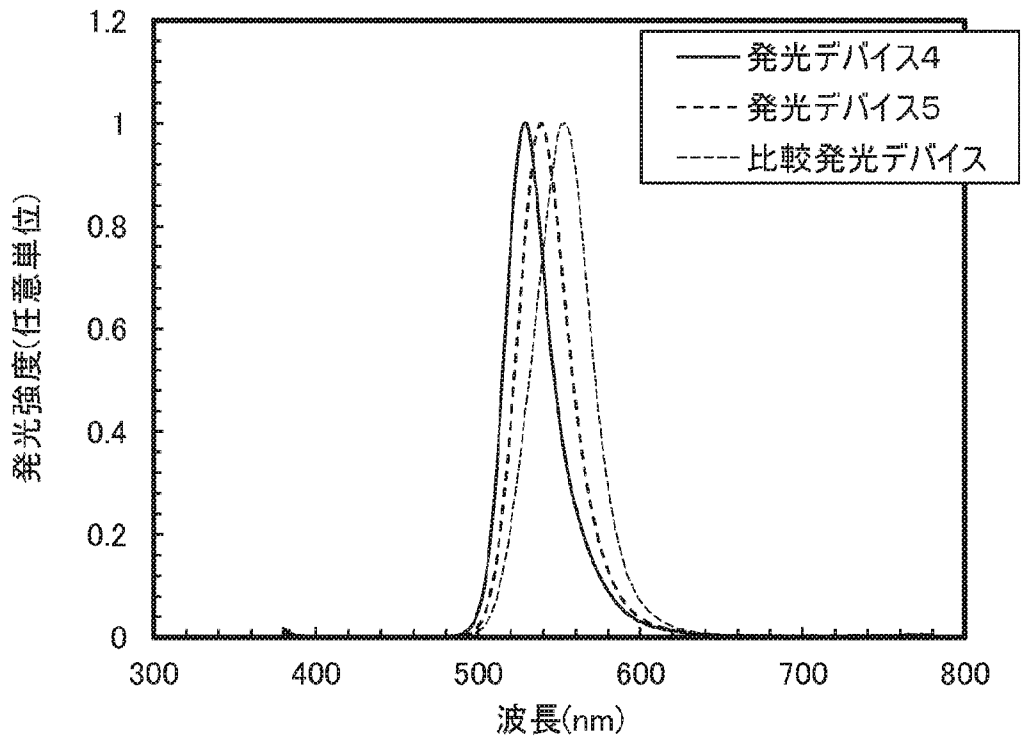


図36



37

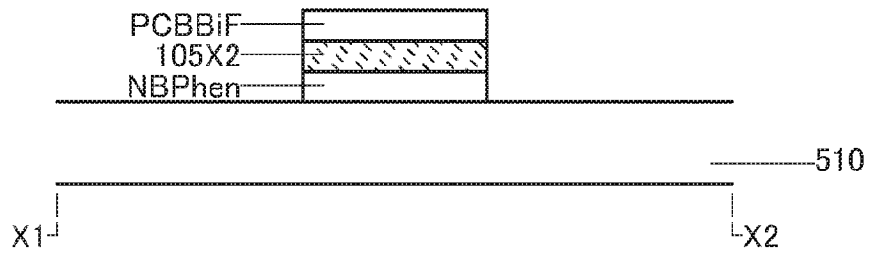


図38

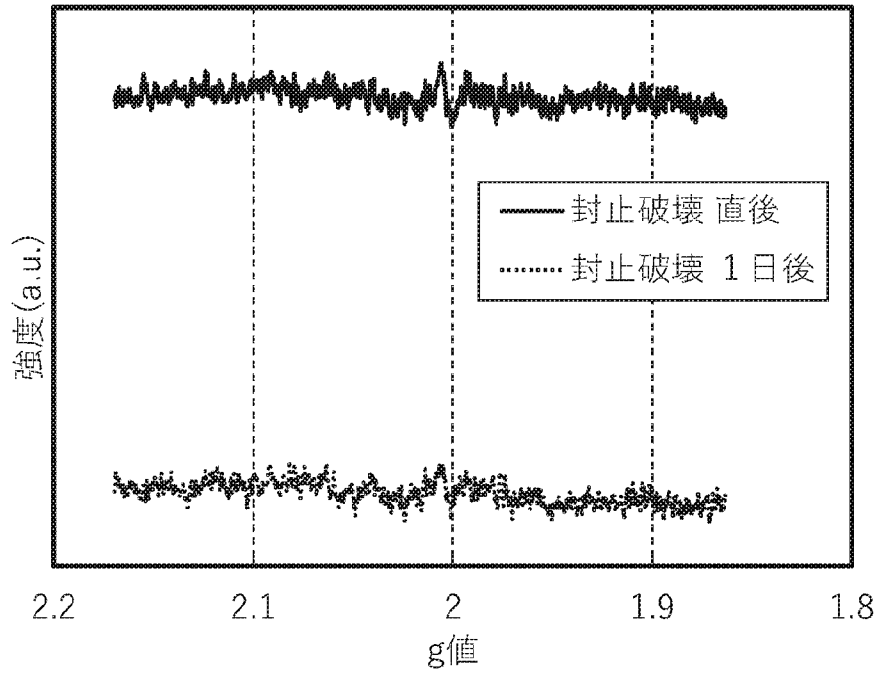


図39

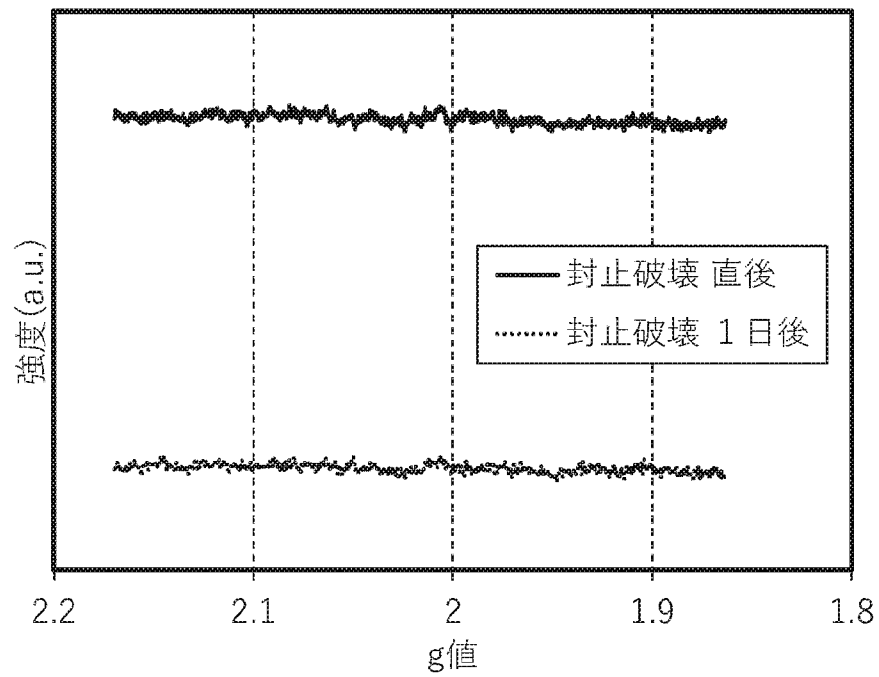


図40

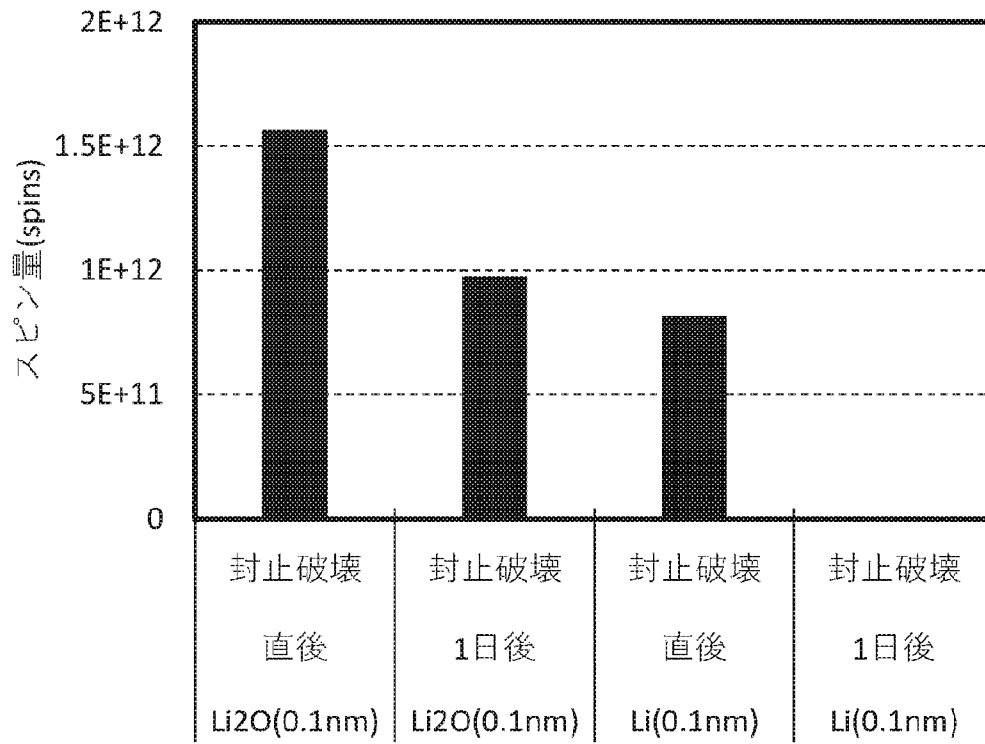


図41

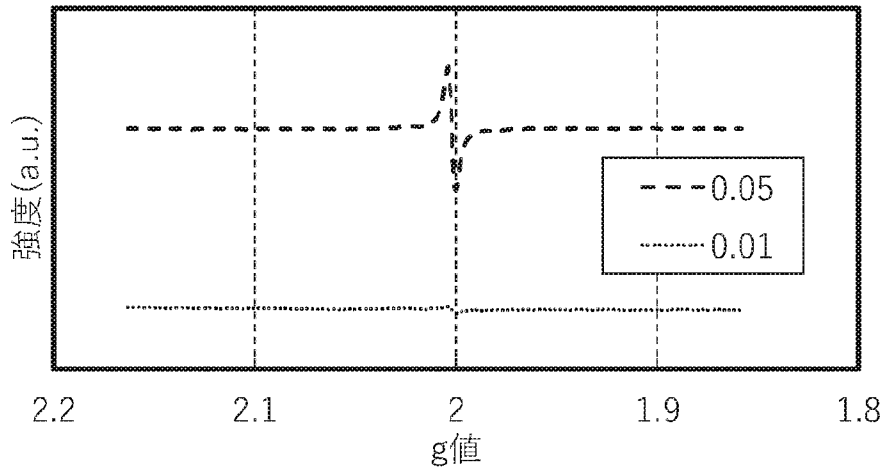


図42

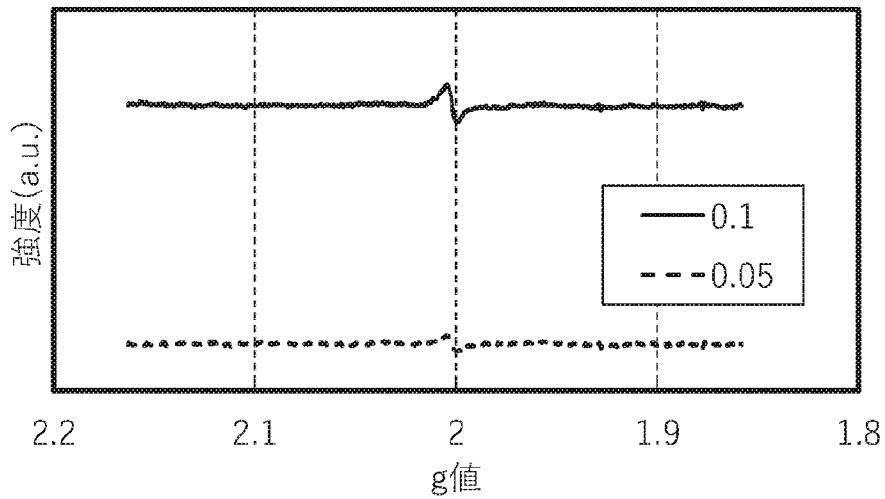


図43

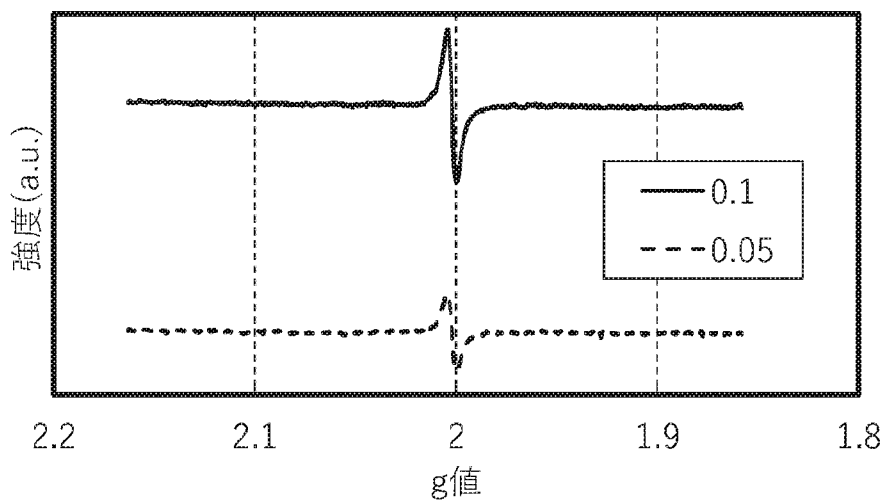
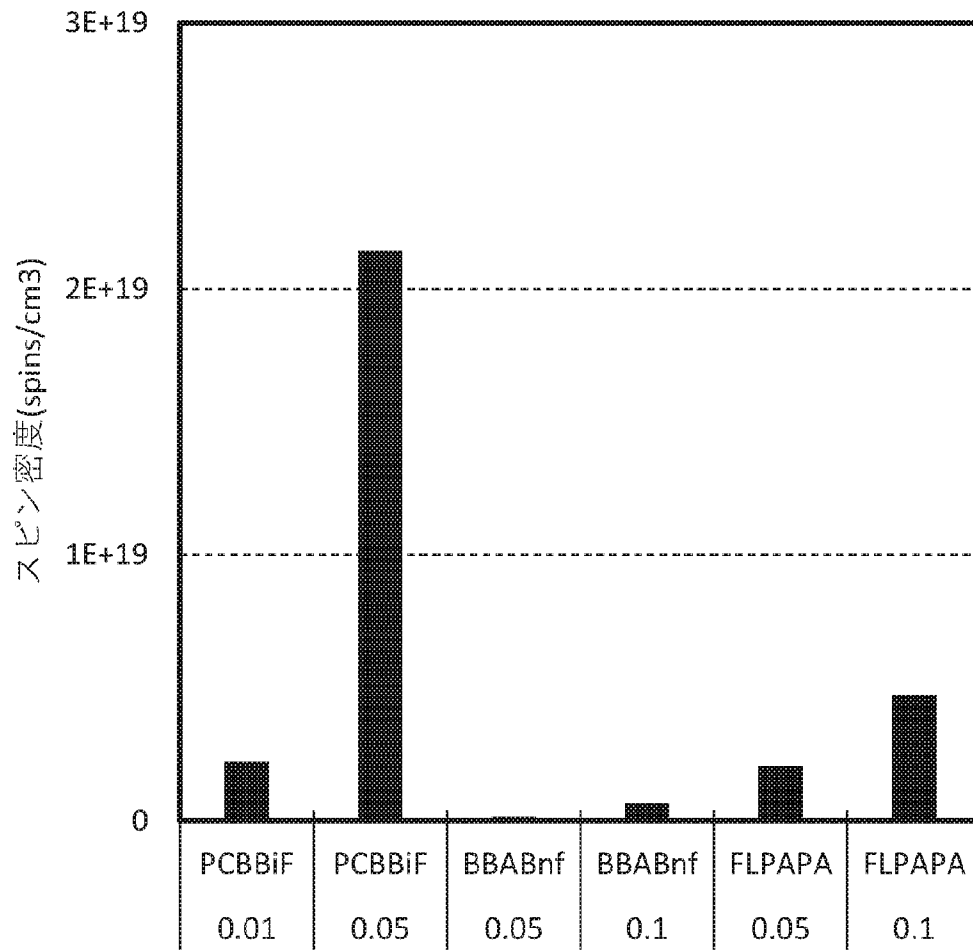


図 44



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IB2022/051720

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>H05B 33/12</i> (2006.01)i; <i>G09F 9/30</i> (2006.01)i; <i>H01L 27/32</i> (2006.01)i; <i>H01L 51/50</i> (2006.01)i; <i>H05B 33/02</i> (2006.01)i FI: H05B33/12 C; G09F9/30 365; H01L27/32; H05B33/02; H05B33/12 B; H05B33/14 A		
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) H05B33/12; G09F9/30; H01L27/32; H01L51/50; H05B33/02		
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 1971-2022 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) CAplus/REGISTRY (STN)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2012-182125 A (SEMICONDUCTOR ENERGY LAB. CO., LTD.) 20 September 2012 (2012-09-20) paragraphs [0009], [0193]-[0217], fig. 6	1-17
Y	US 2019/0181202 A1 (LG DISPLAY CO., LTD.) 13 June 2019 (2019-06-13) paragraphs [0025]-[0086], fig. 2-3	1-17
Y	JP 2018-524812 A (NOVALED GMBH) 30 August 2018 (2018-08-30) paragraphs [0092], [0124], [0148]	11-13
Y	JP 2018-534792 A (NOVALED GMBH) 22 November 2018 (2018-11-22) paragraphs [0118], [0147], [0151]	11-13
A	JP 2018-201012 A (SEMICONDUCTOR ENERGY LAB. CO., LTD.) 20 December 2018 (2018-12-20) entire text, all drawings	1-17
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 27 May 2022		Date of mailing of the international search report 07 June 2022
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/IB2022/051720

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2012-182125	A	20 September 2012	US 2012/0205676 A1 paragraphs [0009], [0201]- [0223], fig. 6	
				US 2015/0221703 A1	
				US 2017/0025479 A1	
				WO 2012/108482 A1	
				JP 2016-225318 A	
				JP 2019-050198 A	
				JP 2021-015297 A	
				KR 10-2014-0048088 A	
				KR 10-2018-0083955 A	
				KR 10-2019-0073618 A	
				TW 201303818 A	
				TW 201619670 A	
				TW 201701030 A	
				TW 201807467 A	
US	2019/0181202	A1	13 June 2019	GB 2570399 A	
				DE 102018131255 A	
				KR 10-2019-0068814 A	
				CN 109904191 A	
JP	2018-524812	A	30 August 2018	US 2018/0182960 A1 paragraphs [0125], [0150], [0189]	
				US 2019/0036032 A1	
				WO 2016/207228 A1	
				WO 2016/207229 A1	
				EP 3109919 A1	
				EP 3109915 A1	
				JP 2018-527740 A	
				KR 10-2018-0019224 A	
				KR 10-2018-0019731 A	
				CN 107851735 A	
				CN 107851736 A	
JP	2018-534792	A	22 November 2018	US 2018/0331292 A1 paragraphs [0113], [0124], [0132]	
				US 2019/0006611 A1	
				WO 2017/081074 A1	
				WO 2017/081159 A1	
				EP 3374538 A1	
				EP 3168886 A1	
				JP 2019-501537 A	
				KR 10-2018-0082536 A	
				KR 10-2018-0082533 A	
				CN 108292706 A	
				CN 108431289 A	
JP	2018-201012	A	20 December 2018	US 2021/0104697 A1 entire text, all drawings	
				US 2021/0376275 A1	
				WO 2018/185642 A1	
				DE 112018001877 T5	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/IB2022/051720

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
		KR 10-2019-0131569	A
		CN 110476267	A
		TW 201902904	A
<hr/>			

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H05B 33/12(2006.01)i; G09F 9/30(2006.01)i; H01L 27/32(2006.01)i; H01L 51/50(2006.01)i; H05B 33/02(2006.01)i FI: H05B33/12 C; G09F9/30 365; H01L27/32; H05B33/02; H05B33/12 B; H05B33/14 A</p>										
<p>B. 調査を行った分野</p>										
<p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） H05B33/12; G09F9/30; H01L27/32; H01L51/50; H05B33/02</p>										
<p>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</p> <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 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2022年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2022年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2022年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2022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 - 2022年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2022年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2022年									
<p>国際調査で利用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語） CAplus/REGISTRY (STN)</p>										
<p>C. 関連すると認められる文献</p>										
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	JP 2012-182125 A (株式会社半導体エネルギー研究所) 20.09.2012 (2012-09-20) 段落[0009], [0193]-[0217], 図6	1-17								
Y	US 2019/0181202 A1 (LG DISPLAY CO., LTD.) 13.06.2019 (2019-06-13) 段落[0025]-[0086], Figs. 2-3	1-17								
Y	JP 2018-524812 A (ノヴァレッド ゲーエムベーハー) 30.08.2018 (2018-08-30) 段落[0092], [0124], [0148]	11-13								
Y	JP 2018-534792 A (ノヴァレッド ゲーエムベーハー) 22.11.2018 (2018-11-22) 段落[0118], [0147], [0151]	11-13								
A	JP 2018-201012 A (株式会社半導体エネルギー研究所) 20.12.2018 (2018-12-20) 全文, 全図	1-17								
<p><input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</p>										
* 引用文献のカテゴリー	<p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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）</p> <p>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” 同一パテントファミリー文献</p>									
国際調査を完了した日	27.05.2022	国際調査報告の発送日 07.06.2022								
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） 酒井 康博 20 1761 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/IB2022/051720

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2012-182125 A	20.09.2012	US 2012/0205676 A1 段落[0009], [0201]- [0223], FIG. 6	
		US 2015/0221703 A1	
		US 2017/0025479 A1	
		WO 2012/108482 A1	
		JP 2016-225318 A	
		JP 2019-050198 A	
		JP 2021-015297 A	
		KR 10-2014-0048088 A	
		KR 10-2018-0083955 A	
		KR 10-2019-0073618 A	
		TW 201303818 A	
		TW 201619670 A	
		TW 201701030 A	
		TW 201807467 A	
US 2019/0181202 A1	13.06.2019	GB 2570399 A	
		DE 102018131255 A	
		KR 10-2019-0068814 A	
		CN 109904191 A	
JP 2018-524812 A	30.08.2018	US 2018/0182960 A1 段落[0125], [0150], [0189]	
		US 2019/0036032 A1	
		WO 2016/207228 A1	
		WO 2016/207229 A1	
		EP 3109919 A1	
		EP 3109915 A1	
		JP 2018-527740 A	
		KR 10-2018-0019224 A	
		KR 10-2018-0019731 A	
		CN 107851735 A	
		CN 107851736 A	
JP 2018-534792 A	22.11.2018	US 2018/0331292 A1 段落[0113], [0124], [0132]	
		US 2019/0006611 A1	
		WO 2017/081074 A1	
		WO 2017/081159 A1	
		EP 3374538 A1	
		EP 3168886 A1	
		JP 2019-501537 A	
		KR 10-2018-0082536 A	
		KR 10-2018-0082533 A	
		CN 108292706 A	
		CN 108431289 A	
JP 2018-201012 A	20.12.2018	US 2021/0104697 A1 全文, 全図	
		US 2021/0376275 A1	
		WO 2018/185642 A1	
		DE 112018001877 T5	

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/IB2022/051720

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
		KR 10-2019-0131569 A	
		CN 110476267 A	
		TW 201902904 A	
<hr/>			