

(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
2023年6月8日(08.06.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/100022 A1

(51) 国際特許分類:

G09F 9/30 (2006.01) *H05B 33/12* (2006.01)
G09F 9/00 (2006.01) *H05B 33/14* (2006.01)
H01L 31/10 (2006.01) *H05B 33/22* (2006.01)
H01L 31/12 (2006.01) *H10K 30/60* (2023.01)
H05B 33/02 (2006.01) *H10K 50/00* (2023.01)
H05B 33/10 (2006.01) *H10K 59/00* (2023.01)

特願 2021-215363 2021年12月29日(29.12.2021) JP

特願 2022-147625 2022年9月16日(16.09.2022) 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).

(21) 国際出願番号: PCT/IB2022/061194

(22) 国際出願日: 2022年11月21日(21.11.2022)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

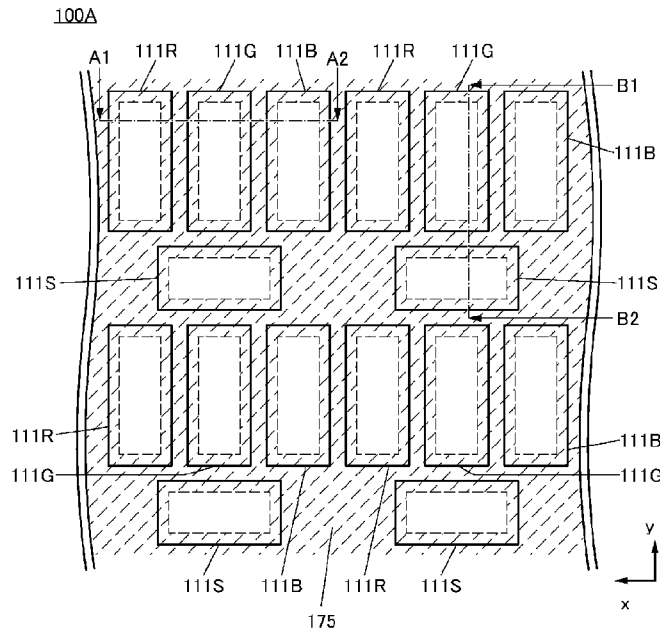
(30) 優先権データ:
特願 2021-193948 2021年11月30日(30.11.2021) JP

(72) 発明者: 島行徳(**SHIMA, Yukinori**). 岡崎健一(**OKAZAKI, Kenichi**); 〒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). 中田昌孝(**NAKADA, Masataka**). 中澤安孝(**NAKAZAWA, Yasutaka**). 後藤尚人(**GOTO, Naoto**). 江口早紀(**EGUCHI, Saki**). 片庭佐智子(**KATANIWA, Sachiko**);

(54) **Title:** DISPLAY DEVICE AND METHOD FOR PRODUCING DISPLAY DEVICE

(54) 発明の名称: 表示装置、及び表示装置の作製方法

図1



(57) **Abstract:** The present invention provides a high-definition display device. Provided is a display device having exceptional display quality. A display device having a first light-emitting element and a second light-emitting element on a first insulating layer, as well as having a second insulating layer and a third insulating layer. The first light-emitting element has a first pixel electrode and a first organic layer. The second light-emitting element has a second pixel electrode and a second organic layer. The first insulating layer has a grooved region provided along a side of the first pixel electrode

〒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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, 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。

in a plan view. The grooved region has a first region that overlaps the first pixel electrode and a second region that overlaps the second pixel electrode. The width of the first and second regions is 20-500 nm inclusive. The second insulating layer has a region that is in contact with the upper surface of the first organic layer, a region that is in contact with a side surface of the first organic layer, and a region that is positioned below the first pixel electrode. The third insulating layer has a region that is in contact with the upper surface of the second organic layer, a region that is in contact with a side surface of the second organic layer, and a region that is positioned below the second pixel electrode.

(57) 要約: 高精細な表示装置を提供する。優れた表示品位の表示装置を提供する。第1の絶縁層上の第1の発光素子及び第2の発光素子、第2の絶縁層、及び第3の絶縁層を有し、第1の発光素子は、第1の画素電極及び第1の有機層を有し、第2の発光素子は、第2の画素電極及び第2の有機層を有し、第1の絶縁層は、平面視において第1の画素電極の辺に沿って設けられる溝状の領域を有し、溝状の領域は第1の画素電極と重なる第1の領域及び第2の画素電極と重なる第2の領域を有し、第1の領域及び第2の領域の幅は20nm以上500nm以下であり、第2の絶縁層は第1の有機層の上面と接する領域、第1の有機層の側面と接する領域及び第1の画素電極の下方に位置する領域を有し、第3の絶縁層は第2の有機層の上面と接する領域、第2の有機層の側面と接する領域及び第2の画素電極の下方に位置する領域を有する表示装置である。

明細書

発明の名称

表示装置、及び表示装置の作製方法

技術分野

[0001]

本発明の一態様は、表示装置に関する。本発明の一様態は、表示装置の作製方法に関する。

[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、電子機器、照明装置、入力装置、入出力装置、それらの駆動方法、又はそれらの製造方法、を一例として挙げることができる。なお、本明細書等において、半導体装置は、半導体特性を利用することで機能しうる装置全般を指すものとする。

背景技術

[0003]

近年、ディスプレイパネルの高精細化が求められている。高精細なディスプレイパネルが要求される機器として、例えば、仮想現実（VR: Virtual Reality）、拡張現実（AR: Augmented Reality）、代替現実（SR: Substitutional Reality）、または複合現実（MR: Mixed Reality）向けの機器が、近年盛んに開発されている。

[0004]

また、ディスプレイパネルに適用可能な表示装置としては、代表的には液晶表示装置、有機EL（Electro Luminescence）素子、発光ダイオード（LED: Light Emitting Diode）等の発光素子を備える発光装置、電気泳動方式などにより表示を行う電子ペーパーなどが挙げられる。

[0005]

例えば、有機EL素子の基本的な構成は、一对の電極間に発光性の有機化合物を含む層を挟持したものである。この素子に電圧を印加することにより、発光性の有機化合物から発光を得ることができる。このような有機EL素子が適用された表示装置は、液晶表示装置等で必要であったバックライトが不要なため、薄型、軽量、高コントラストで且つ低消費電力な表示装置を実現できる。例えば、有機EL素子を用いた表示装置の一例が、特許文献1に記載されている。

[先行技術文献]

[特許文献]

[0006]

[特許文献1] 特開2002-324673号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007]

例えば、上述したVR、AR、SR、またはMR向けの装着型の機器では、目とディスプレイパネルとの間に焦点調整用のレンズを設ける必要がある。当該レンズにより画面の一部が拡大されるため、ディスプレイパネルの精細度が低いと、現実感及び没入感が薄れてしまうといった問題がある。

[0008]

また、ディスプレイパネルには、高い色再現性が求められる。特に上述したVR、AR、SR、またはMR向けの機器において、色再現性の高いディスプレイパネルを用いることによって、現実の物体色に近い表示を行うことができ、現実感及び没入感を高めることができる。

[0009]

本発明の一態様は、極めて高精細な表示装置を提供することを課題の一とする。本発明の一態様は、高い色再現性が実現された表示装置を提供することを課題の一とする。本発明の一態様は、高輝度な表示装置を提供することを課題の一とする。本発明の一態様は、信頼性の高い表示装置を提供することを課題の一とする。本発明の一態様は、製造コストが低い表示装置を提供することを課題の一とする。また、本発明の一態様は、上述した表示装置を製造する方法を提供することを課題の一とする。

[0010]

なお、これらの課題の記載は、他の課題の存在を妨げるものではない。なお、本発明の一態様は、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抽出することが可能である。

課題を解決するための手段

[0011]

本発明の一態様は、第1の絶縁層と、第1の絶縁層上の、発光素子及び受光素子と、第2の絶縁層と、第3の絶縁層と、第1の絶縁層上の樹脂層と、を有し、発光素子は、第1の画素電極と、第1の有機層と、共通電極と、を有し、受光素子は、第2の画素電極と、第2の有機層と、共通電極と、を有し、第1の有機層は、発光層を含み、第2の有機層は、光電変換層を含み、第1の絶縁層は、凹部を有し、凹部は、第1の画素電極と重なる領域と、第2の画素電極と重なる領域と、第1の画素電極及び第2の画素電極と重ならない領域と、を有し、第2の絶縁層は、第1の有機層の上面と接する領域、第1の有機層の側面と接する領域、及び、第1の画素電極の下方に位置する領域を有し、第3の絶縁層は、第2の有機層の上面と接する領域、第2の有機層の側面と接する領域、及び、第2の画素電極の下方に位置する領域を有し、樹脂層は、凹部内に位置する領域を有し、共通電極は、樹脂層の上面を覆って設けられる、表示装置である。

[0012]

また上記構成において、2の絶縁層は、第1の画素電極の下方において第1の絶縁層と接する領域を有し、第3の絶縁層は、第2の画素電極の下方において第1の絶縁層と接する領域を有することが好ましい。

[0013]

また上記構成において、第1の画素電極の端部と第2の画素電極の端部との最短距離は、第1の有機層の膜厚の2倍よりも大きいことが好ましい。

[0014]

また上記構成において、凹部は、断面視において、下に凸の円弧状の形状を有することが好ましい。

[0015]

また上記構成において、第2の絶縁層、及び第3の絶縁層のそれぞれは、アルミニウムと、酸素と、を有することが好ましい。

[0016]

または本発明の一態様は、第1の絶縁層と、第1の絶縁層上の第2の絶縁層及び第3の絶縁層と、第2の絶縁層上の発光素子と、第3の絶縁層上の受光素子と、第4の絶縁層と、第5の絶縁層と、第1の絶縁層上の樹脂層と、を有し、第1の絶縁層は、有機絶縁層であり、第2の絶縁層及び第3の絶縁層は、無機絶縁層であり、発光素子は、第1の画素電極と、第1の有機層と、共通電極と、を有し、受光素子は、第2の画素電極と、第2の有機層と、共通電極と、を有し、第1の有機層は、発光層を含み、第2の有機層は、光電変換層を含み、第1の絶縁層は凹部を有し、凹部は、第1の画素電極と重なる領域と、第2の画素電極と重なる領域と、第1の画素電極及び第2の画素電極と重ならない領域と、を有し、第4の絶縁層は、第1の有機層の上面と接する領域、第1の有機層の側面と接する領域、及び、第1の画素電極の下方において第2の絶縁層に接する領域を有し、第5の絶縁層は、第2の有機層の上面と接する領域、第2の有機層の側面と接する領域、及び、第2の画素電極の下方において第3の絶縁層に接する領域を有し、樹脂層は、凹部内に位置する領域を有し、共通電極は、樹脂層の上面を覆って設けられる、表示装置である。

[0017]

または、本発明の一態様は、表示装置の作製方法であり、第1の絶縁層上に、第1の画素電極及び第2の画素電極を形成し、第1の絶縁層の一部をエッチングし、第1の画素電極と重なる領域と、第2の画素電極と重なる領域と、第1の画素電極及び第2の画素電極と重ならない領域と、を有する凹部を形成し、第1の画素電極上、第2の画素電極上、及び第1の絶縁層上に、第1の有機膜を成膜することで、第1の画素電極上に第1の有機層が形成され、かつ、第2の画素電極上に第2の有機層が形成され、第1の有機層上に第2の絶縁層を形成し、第2の有機層を除去し、第1の有機層上、第2の画素電極上、及び第1の絶縁層上に第2の有機膜を成膜することで、第2の画素電極上に第3の有機層が形成され、かつ、第1の有機層上に第4の有機層が形成され、第3の有機層上に第3の絶縁層を形成し、第4の有機層を除去し、第1の絶縁層上、第2の絶縁層上及び第3の絶縁層上に樹脂層を形成し、樹脂層の一部、第2の絶縁層の一部及び第3の絶縁層の一部を除去することで、樹脂層及び第2の絶縁層に、第1の有機層に達する第1の開口部を形成し、かつ、樹脂層及び第3の絶縁層に、第3の有機層に達する第2の開口部を形成し、第1の開口部を介して第1の有機層と重畳し、かつ、第2の開口部を介して第3の有機層と重畳するように、共通電極を形成する、表示装置の作製方法である。

[0018]

また上記構成において、第1の有機膜は、赤色の波長域、緑色の波長域、または青色の波長域に強度を有する光を発する発光性の化合物を含み、第2の有機膜は、赤色の波長域、緑色の波長域、及び青色の波長域のうち、第1の有機膜とは異なる色の波長域に強度を有する光を発する発光性の化合物を含むことが好ましい。

[0019]

また上記構成において、第1の有機膜は、発光性の化合物を含み、第2の有機膜は、有機半導体を含むことが好ましい。

[0020]

本発明の一態様は、第1の絶縁層と、第1の絶縁層上の第1の発光素子及び第2の発光素子と、第2の絶縁層と、第3の絶縁層と、第1の絶縁層上の樹脂層と、を有し、第1の発光素子は、第1の画素電極と、第1の有機層と、共通電極と、を有し、第2の発光素子は、第2の画素電極と、第2の有機層と、共通電極と、を有し、第1の有機層及び第2の有機層はそれぞれ、発光層を含み、第

1の絶縁層は、平面視において第1の画素電極の辺に沿って設けられる、溝状の領域を有し、溝状の領域は、第1の画素電極と重なる第1の領域と、第2の画素電極と重なる第2の領域と、を有し、第1の領域の幅は、20nm以上500nm以下であり、第2の領域の幅は、20nm以上500nm以下であり、第2の絶縁層は、第1の有機層の上面と接する領域、第1の有機層の側面と接する領域、及び、第1の画素電極の下方に位置する領域を有し、第3の絶縁層は、第2の有機層の上面と接する領域、第2の有機層の側面と接する領域、及び、第2の画素電極の下方に位置する領域を有し、樹脂層は、溝状の領域内に位置する領域を有し、共通電極は、樹脂層の上面を覆う領域を有する表示装置である。

[0021]

また上記構成において、溝状の領域の深さは50nm以上3000nm以下である、ことが好ましい。

[0022]

また上記構成において、第2の絶縁層は、第1の画素電極の下方において第1の絶縁層と接する領域を有し、第3の絶縁層は、第2の画素電極の下方において第1の絶縁層と接する領域を有することが好ましい。

[0023]

また上記構成において、第1の画素電極の端部と第2の画素電極の端部との最短距離は、第1の有機層の膜厚の2倍よりも大きいことが好ましい。

[0024]

また上記構成において、凹部は、断面視において、下に凸の円弧状の形状を有することが好ましい。

[0025]

また上記構成において、第2の絶縁層、及び第3の絶縁層のそれぞれは、アルミニウムと、酸素と、を有することが好ましい。

[0026]

または本発明の一態様は、第1の絶縁層と、第1の絶縁層上の第2の絶縁層及び第3の絶縁層と、第2の絶縁層上の第1の発光素子と、第3の絶縁層上の第2の発光素子と、第4の絶縁層と、第5の絶縁層と、第1の絶縁層上の樹脂層と、を有し、第1の絶縁層は、有機絶縁層であり、第2の絶縁層及び第3の絶縁層は、無機絶縁層であり、第1の発光素子は、第1の画素電極と、第1の有機層と、共通電極と、を有し、第2の素子は、第2の画素電極と、第2の有機層と、共通電極と、を有し、第1の有機層及び第2の有機層はそれぞれ、発光層を含み、第1の絶縁層は、平面視において第1の画素電極の辺に沿って設けられる、溝状の領域を有し、溝状の領域は、第1の画素電極と重なる第1の領域と、第2の画素電極と重なる第2の領域と、を有し、第1の領域の幅は、20nm以上500nm以下であり、第2の領域の幅は、20nm以上500nm以下であり、第4の絶縁層は、第1の有機層の上面と接する領域、第1の有機層の側面と接する領域、及び、第1の画素電極の下方において第2の絶縁層に接する領域を有し、第5の絶縁層は、第2の有機層の上面と接する領域、第2の有機層の側面と接する領域、及び、第2の画素電極の下方において第3の絶縁層に接する領域を有し、樹脂層は、溝状の領域内に位置する領域を有し、共通電極は、樹脂層の上面を覆う領域を有する表示装置である。

[0027]

また上記構成において、溝状の領域の深さは50nm以上3000nm以下であることが好ましい。

発明の効果

[0028]

本発明の一態様によれば、極めて高精細な表示装置を提供できる。または、高い色再現性が実現された表示装置を提供できる。または、高輝度な表示装置を提供できる。または、信頼性の高い表示装置を提供できる。または、製造コストが低い表示装置を提供できる。または、上述した表示装置を製造する方法を提供できる。

[0029]

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抽出することが可能である。

図面の簡単な説明

[0030]

図1は、表示装置の構成例を示す図である。

図2A及び図2Bは、表示装置の構成例を示す図である。

図3は、表示装置の構成例を示す図である。

図4A乃至図4Eは、表示装置の作製方法例を示す図である。

図5A乃至図5Dは、表示装置の作製方法例を示す図である。

図6A乃至図6Cは、表示装置の構成例を示す図である。

図7A乃至図7Cは、表示装置の構成例を説明する図である。

図8A乃至図8Gは、画素の一例を示す図である。

図9A乃至図9Iは、画素の一例を示す図である。

図10A及び図10Bは、表示装置の構成例を示す図である。

図11は、表示装置の構成例を示す図である。

図12は、表示装置の構成例を示す図である。

図13は、表示装置の構成例を示す図である。

図14は、表示装置の構成例を示す図である。

図15は、表示装置の構成例を示す図である。

図16は、表示装置の構成例を示す図である。

図17は、表示装置の構成例を示す図である。

図18は、表示装置の構成例を示す図である。

図19A乃至図19Cは、表示装置の構成例を示す図である。

図20Aは、表示装置の構成例を示す回路図である。図20B乃至図20Dは、画素回路の一例を示す回路図である。

図21A乃至図21Fは、発光素子の構成例を示す図である。

図22A乃至図22Cは、発光素子の構成例を示す図である。

図23A乃至図23Cは、表示装置の一例を示す断面図である。図23Dは、画像の例を示す図である。

図24A乃至図24Eは、受光素子の構成例を示す断面図である。

図25A乃至図25Dは、電子機器の一例を示す図である。

図26A乃至図26Fは、電子機器の一例を示す図である。

図 2 7 A 乃至図 2 7 G は、電子機器の一例を示す図である。

図 2 8 は、剥離力の測定結果を示す図である。

図 2 9 は、表示パネルの写真である。

図 3 0 は、表示装置の一例を説明する断面図である。

図 3 1 A 及び図 3 1 B は、断面観察の結果である。

図 3 2 A 及び図 3 2 B は、断面観察の結果である。

図 3 3 A 及び図 3 3 B は、断面観察の結果である。

図 3 4 A 及び図 3 4 B は、剥離試験の結果である。

図 3 5 は、剥離試験の結果である。

発明を実施するための形態

[0031]

以下、実施の形態について図面を参照しながら説明する。ただし、実施の形態は多くの異なる態様で実施することが可能であり、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、以下の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。

[0032]

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。また、同様の機能を指す場合には、ハッチパターンを同じくし、特に符号を付さない場合がある。

[0033]

なお、本明細書で説明する各図において、各構成要素の大きさ、層の厚さ、または領域は、明瞭化のために誇張されている場合がある。よって、必ずしもそのスケールに限定されない。

[0034]

なお、本明細書等における「第 1」、「第 2」等の序数詞は、構成要素の混同を避けるために付すものであり、数的に限定するものではない。

[0035]

本明細書等において、正孔または電子を、「キャリア」といって示す場合がある。具体的には、正孔注入層または電子注入層を「キャリア注入層」といい、正孔輸送層または電子輸送層を「キャリア輸送層」といい、正孔ブロック層または電子ブロック層を「キャリアブロック層」という場合がある。なお、上述のキャリア注入層、キャリア輸送層、及びキャリアブロック層は、それぞれ、断面形状、または特性などによって明確に区別できない場合がある。また、1つの層が、キャリア注入層、キャリア輸送層、及びキャリアブロック層のうち2つまたは3つの機能を兼ねる場合がある。

[0036]

本明細書等において、発光素子（発光デバイスともいう）は例えば、一対の電極間に EL 層を有する。EL 層は、少なくとも発光層を有する。ここで、EL 層が有する層（機能層ともいう）としては、発光層、キャリア注入層（正孔注入層及び電子注入層）、キャリア輸送層（正孔輸送層及び電子輸送層）、及び、キャリアブロック層（正孔ブロック層及び電子ブロック層）などが挙げられる。

[0037]

また本明細書等において、受光素子（受光デバイスともいう）は例えば、一対の電極間に、光電変換層を含む層を有する。

[0038]

ここで、本発明の一態様の表示装置では、受光素子と発光素子とが共通で有する層（受光素子と発光素子とが共有する一続きの層、ともいえる）が存在する場合がある。このような層は、発光素子における機能と受光素子における機能とが異なる場合がある。また、本明細書中では、発光素子における機能に基づいて構成要素を呼称することがある。

[0039]

本発明の一態様は、フルカラー表示が可能な表示部を有する表示装置である。表示部は、互いに異なる色の光を呈する第1の副画素と第2の副画素と、光を検出する第3の画素と、を有する。第1の副画素は、青色の光を発する第1の発光素子を有し、第2の副画素は、第1の発光素子とは異なる色の光を発する第2の発光素子を有する。また、第3の画素は、光を検出する受光素子を有する。第1の発光素子と第2の発光素子とは互いに異なる材料を少なくとも一つ有し、例えば、互いに異なる発光材料を有する。つまり、本発明の一態様の表示装置では、発光色ごとに作り分けられた発光素子を用いる。また、受光素子は、光電変換材料を有する。

[0040]

また、本発明の一態様は、複数の受光素子によって撮像することができるため、撮像装置として機能する。このとき、発光素子は、撮像のための光源として用いることができる。また、本発明の一態様は、複数の発光素子によって画像を表示することが可能なため、表示装置として機能する。したがって、本発明の一態様は、撮像機能を有する表示装置、または表示機能を有する撮像装置といいうことができる。

[0041]

例えば、本発明の一態様の表示装置は、表示部に発光素子がマトリクス状に配置され、さらに表示部には、受光素子がマトリクス状に配置される。そのため、表示部は、画像を表示する機能と、受光部としての機能を有する。表示部に設けられる複数の受光素子により画像を撮像することができるため、表示装置は、イメージセンサなどとして機能することができる。すなわち、表示部で画像を撮像すること、または対象物が近づくことまたは接触することを検出することなどができる。さらに、表示部に設けられる発光素子は、受光の際の光源として利用することができるため、表示装置とは別に光源を設ける必要がなく、電子部品の部品点数を増やすことなく機能性の高い表示装置を実現できる。

[0042]

本発明の一態様は、表示部が有する発光素子の発光を対象物が反射した際に、受光素子はその反射光を検出できるため、暗い環境でも撮像またはタッチ（非接触を含む）の検出などを行うことができる。

[0043]

また、本発明の一態様の表示装置は、表示部に指、掌などを接触させた場合に、指紋または掌紋を撮像することができる。そのため、本発明の一態様の表示装置を備える電子機器は、撮像した指紋、または掌紋などの画像を用いて、個人認証を実行することができる。これにより、指紋認証または掌紋認証などのための撮像装置を別途設ける必要がなく、電子機器の部品点数を削減することができる。また、表示部にはマトリクス状に受光素子が配置されているため、表示部のどの場所であっても指紋または掌紋などの撮像を行うことができ、利便性に優れた電子機器を実現できる。

[0044]

また、発光波長が異なる発光素子（例えば、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。SBS構造は、発光素子ごとに材料及び構成を最適化することができるため、材料及び構成の選択の自由度が高まり、輝度の向上及び信頼性の向上を図ることが容易となる。

[0045]

発光色がそれぞれ異なる複数の発光素子を有する表示装置を作製する場合、発光色が異なる発光層をそれぞれ島状に形成する必要がある。また、受光素子においても、光電変換層が島状に形成される。なお、本明細書等において、島状とは、同一工程で形成された同一材料を用いた2以上の層が、物理的に分離されている状態であることを示す。例えば、島状の発光層とは、当該発光層と、隣接する発光層とが、物理的に分離されている状態であることを示す。

[0046]

また、本発明の一態様の表示装置は、表示面に触れる、または近接する物体の位置情報を取得するタッチセンサを備える。タッチセンサとしては、抵抗膜方式、静電容量方式、赤外線方式、電磁誘導方式、表面弾性波方式等、種々の方式を採用することができる。特にタッチセンサとして、静電容量方式のタッチセンサを用いることが好ましい。

[0047]

静電容量方式としては、表面型静電容量方式、投影型静電容量方式等がある。また、投影型静電容量方式としては、自己容量方式、相互容量方式等がある。相互容量方式を用いると、同時多点検知が可能となるため好ましい。

[0048]

相互容量方式のタッチセンサは、パルス電位が与えられる電極と、検知回路が接続される電極と、をそれぞれ複数有する構成とすることができる。タッチセンサは、指などが接近した際に、電極間の容量が変化することを利用して、検知することができる。タッチセンサを構成する電極は、発光素子（受光素子）よりも表示面側に配置することが好ましい。

[0049]

タッチセンサの電極の少なくとも一部が、隣接する2つの発光素子（受光素子）に挟まれた領域、または隣接する2つのEL層（PS層）に挟まれた領域と重畳する構成にする。さらに、タッチセンサの電極の少なくとも一部が、隣接する2つのEL層（PS層）の間に設けられた有機樹脂膜と重畳する領域を有することが好ましい。このような構成にすることで、発光素子（受光素子）の発光面積を低減することなく、表示装置の上部にタッチセンサを設けることができる。よって、高い開口率と、高い精細度を兼ね備えた表示装置を提供することができる。

[0050]

ここで、タッチセンサの電極として機能する導電層として、金属または合金材料を用いることが好ましい。タッチセンサの電極を上記のように配置することで、表示装置の開口率を低減させることなく、透光性を有さない、金属または合金材料を、タッチセンサの電極に用いることができる。タッチセンサの電極に抵抗の低い金属または合金材料を用いることで、感度の高いタッチセンシングを実現することができる。

[0051]

なお、タッチセンサの電極として、発光素子が発する光を透過する、透光性の電極を用いることができる。このとき、透光性の電極が、発光素子（受光素子）と重なるように設けることができる。

[0052]

発光素子（受光素子）は、一对の基板の間に設けることができる。基板としては、ガラス基板等の剛性を有する基板を用いてもよいし、可撓性のフィルムを用いてもよい。このとき、タッチセンサの電極は、表示面側に位置する基板に形成することができる。または、タッチセンサの電極を他の基板上に形成し、表示面側に貼り合わせる構成としてもよい。

[0053]

また、タッチセンサの電極を、上記一对の基板の間に配置することが好ましい。このとき、発光素子（受光素子）を覆う保護層を設け、保護層上に、タッチセンサの電極が設けられる構成とすることができる。これにより、部品点数が削減でき、作製工程が簡略化できる。また、表示装置の厚さを薄くできるため、特に基板に可撓性のフィルムを用いたフレキシブルディスプレイとして表示装置を用いる場合に適している。

[0054]

なお、本明細書等において、テーパ形状とは、構造の側面の少なくとも一部が、基板面に対して傾斜して設けられている形状のことを指す。例えば、傾斜した側面と基板面とがなす角（テーパ角ともいう）が 90° 未満である領域を有すると好ましい。なお、構造の側面及び基板面は、必ずしも完全に平坦である必要はなく、小さな曲率を有する略平面状、または微細な凹凸を有する略平面状であってもよい。

[0055]

なお、本明細書等において、逆テーパ形状とは、構造の側面の少なくとも一部と底面とがなす当該構造内の角度が 90° より大きい場合を指す。または、逆テーパ形状とは、底部よりも基板に平行な方向にせり出した側部、または上部を有した形状である。

[0056]

また、本明細書において、上限と下限の数値が規定されている場合は、上限の数値と下限の数値を自由に組み合わせる構成も開示されているものとする。

[0057]

(実施の形態1)

本実施の形態では、本発明の一態様の表示装置、及び表示装置の作製方法について説明する。

[0058]

本発明の一態様の表示装置は、異なる色の光を呈する発光素子を備える。発光素子は、下部電極と、上部電極と、これらの間の発光性の化合物を含む層（発光層ともいう）と、を備える。発光素子としては、有機EL素子、無機EL素子などの電界発光素子を用いることが好ましい。その他、発光ダイオード（LED）を用いてもよい。

[0059]

また本発明の一態様の表示装置は、受光素子を備える。受光素子は、可視光及び赤外光の一方または双方を検出することができる。受光素子は例えば、下部電極と、上部電極と、これらの間の光電変換層と、を備える。

[0060]

発光素子としては、例えば、OLED（Organic Light Emitting Diode）、またはQLED（Quantum-dot Light Emitting Diode）を用いることが好ましい。発光素子が有する発光物質としては、例えば、蛍光を発する物質（蛍光

材料)、燐光を発する物質(燐光材料)、熱活性化遅延蛍光を示す物質(熱活性化遅延蛍光(Thermally activated delayed fluorescence:TADF)材料)、及び、無機化合物(量子ドット材料等)が挙げられる。また、発光素子として、マイクロLED(Light Emitting Diode)などのLEDを用いることもできる。

[0061]

発光素子の発光色は、赤、緑、青、シアン、マゼンタ、黄、または白などとすることができる。また、発光素子にマイクロキャビティ構造を付与することにより色純度を高めることができる。

[0062]

発光素子の構成及び材料については、実施の形態3を参照することができる。

[0063]

発光層は、発光物質(ゲスト材料)に加えて、1種または複数種の化合物(ホスト材料、アシスト材料)を有していてもよい。ホスト材料、アシスト材料としては、発光物質(ゲスト材料)のエネルギーギャップより大きなエネルギーギャップを有する物質を、一種もしくは複数種選択して用いることができる。ホスト材料、アシスト材料としては、励起錯体を形成する化合物を組み合わせる用いることが好ましい。効率よく励起錯体を形成するためには、正孔を受け取りやすい化合物(正孔輸送性材料)と、電子を受け取りやすい化合物(電子輸送性材料)とを組み合わせることが特に好ましい。

[0064]

発光素子には低分子系化合物及び高分子系化合物のいずれを用いることもでき、無機化合物(量子ドット材料等)を含んでいてもよい。

[0065]

本発明の一態様の表示装置は、極めて高精度に異なる色の発光素子を作り分けることができる。そのため、従来の表示装置よりも高い精細度の表示装置を実現することができる。例えば、一つ以上の発光素子を有する画素が、2000ppi以上、好ましくは3000ppi以上、より好ましくは5000ppi以上、さらに好ましくは6000ppi以上であって、20000ppi以下、または30000ppi以下の精細度で配置される、極めて高精細な表示装置であることが好ましい。

[0066]

以下では、表示装置のより具体的な構成例及び作製方法例について、図面を参照して説明する。

[0067]

[構成例1]

[構成例1-1]

図1、図2A及び図2Bは、本発明の一態様の表示装置を説明する図である。図1は、表示装置100Aの上面概略図であり、図2A及び図2Bはそれぞれ、表示装置100Aの断面概略図である。ここで図2Aは、図1にA1-A2の一点鎖線で示す部位の断面図であり、図2Bは、図1にB1-B2の一点鎖線で示す部位の断面図である。なお、図1の上面図では、図の明瞭化のために一部の要素を省いている。

[0068]

表示装置100Aは、半導体回路を備える基板101、絶縁層105、発光素子110R、発光素子110G、及び発光素子110Bを有する。また、表示装置100Aは、受光素子110Sを有

することが好ましい。図2A及び図2Bにおいて、発光素子110R、発光素子110G、発光素子110B、及び受光素子110Sは絶縁層105上に設けられる。

[0069]

また図2A及び図2Bにおいて表示装置100Aは、絶縁層105と発光素子110Rの間、絶縁層105と発光素子110Gの間、絶縁層105と発光素子110Bの間、及び絶縁層105と受光素子110Sの間にそれぞれ、絶縁層106を有する。

[0070]

絶縁層105は好ましくは有機絶縁膜（有機絶縁層）であり、絶縁層106は好ましくは無機絶縁膜（無機絶縁層）である。あるいは、絶縁層105は無機絶縁膜であってもよく、絶縁層106は有機絶縁膜であってもよい。

[0071]

図2Aに示す表示装置100Aにおいて、有機層112は画素電極111の上面と接する領域、画素電極111の側面と接する領域、及び絶縁層105と接する領域をそれぞれ有することが好ましい。また有機層112は絶縁層106の側面と接する領域を有することが好ましい。また有機層112は絶縁層106の下面と接する領域を有することが好ましい。図2Aに示す構成とすることで、絶縁層106及び絶縁層118によって、有機層112を封止することができる。絶縁層106及び絶縁層118によって有機層112を封止することにより例えば、絶縁層118が有機層112から剥がれることを抑制することができる。また、水などの不純物が有機層112に拡散することを抑制することができる。

[0072]

図2Bに示す表示装置100Aにおいて、PS層155Sは画素電極111の上面と接する領域、画素電極111の側面と接する領域、及び絶縁層105と接する領域をそれぞれ有することが好ましい。またPS層155Sは絶縁層106の側面と接する領域を有することが好ましい。またPS層155Sは絶縁層106の下面と接する領域を有することが好ましい。図2Bに示す構成とすることで、絶縁層106及び絶縁層118dによって、PS層155Sを封止することができる。絶縁層106及び絶縁層118によってPS層155Sを封止することにより例えば、絶縁層118が有機層112から剥がれることを抑制することができる。また、水などの不純物が有機層112に拡散することを抑制することができる。

[0073]

また表示装置100Aが絶縁層106を有さない構成であってもよい。図3は、図2Aと比較して、表示装置100Aが絶縁層106を有さない点が異なる。

[0074]

図3に示す表示装置100Aにおいて、有機層112は画素電極111の上面と接する領域、画素電極111の側面と接する領域、及び絶縁層105と接する領域をそれぞれ有することが好ましい。また有機層112は画素電極111の下面と接する領域を有することが好ましい。

[0075]

また、絶縁層105の構成は、単層、または2層以上の積層構造を適宜選択することができる。例えば絶縁層105は、無機絶縁膜と有機絶縁膜との積層構造であってもよい。

[0076]

発光素子110Rは赤色を呈する発光素子であり、発光素子110Gは緑色を呈する発光素子であ

り、発光素子110Bは青色を呈する発光素子である。別言すると、発光素子110Rと、発光素子110Gとは、異なる色の光を呈する。また、発光素子110Gと、発光素子110Bとは、異なる色の光を呈する。また、発光素子110Bと、発光素子110Rとは、異なる色の光を呈する。このように、発光素子ごとに、発光色（ここでは赤（R）、緑（G）、および青（B））を塗り分けする構造をSBS（Side By Side）構造と呼ぶ場合がある。

[0077]

本明細書等では、発光波長が異なる発光素子で少なくとも発光層を作り分ける構造をSBS（Side By Side）構造と呼ぶ場合がある。SBS構造は、発光素子ごとに材料及び構成を最適化することができるため、材料及び構成の選択の自由度が高まり、輝度の向上及び信頼性の向上を図ることが容易となる。

[0078]

発光素子110Rは、画素電極111R、有機層112R、共通層114、及び共通電極113を有する。発光素子110Gは、画素電極111G、有機層112G、共通層114、及び共通電極113を有する。発光素子110Bは、画素電極111B、有機層112B、共通層114、及び共通電極113を有する。共通層114及び共通電極113は、発光素子110R、発光素子110G、及び発光素子110Bに共通に設けられる。

[0079]

有機層112Rは、少なくとも赤色の波長域に強度を有する光を発する発光性の有機化合物を有する。有機層112Gは、少なくとも緑色の波長域に強度を有する光を発する発光性の有機化合物を有する。有機層112Bは、少なくとも青色の波長域に強度を有する光を発する発光性の有機化合物を有する。有機層112R、有機層112G、及び有機層112Bは、少なくとも発光性の有機化合物を含む層（発光層）を有する。

[0080]

なお以下では、発光素子110R、発光素子110G、及び発光素子110Bに共通の事項を説明する場合には、符号に付加する記号を省略し、発光素子110と表記して説明する場合がある。また有機層112R、有機層112G、及び有機層112Bも同様に、有機層112と表記して説明する場合がある。また、画素電極111R、画素電極111G、画素電極111B、及び画素電極111Sも同様に、画素電極111と表記して説明する場合がある。

[0081]

発光素子110において、EL層は例えば、有機層112と共通層114とを合わせた構成を指す場合がある。

[0082]

画素電極111R、画素電極111G、及び画素電極111Bは、それぞれ発光素子毎に設けられている。また、共通層114及び共通電極113は、各発光素子に共通な一続きの層として設けられている。各画素電極と共通電極113のいずれか一方に可視光に対して透光性を有する導電膜を用い、他方に反射性を有する導電膜を用いる。各画素電極を透光性、共通電極113を反射性とすることで、下面射出型（ボトムエミッション型）の表示装置とすることができ、反対に各画素電極を反射性、共通電極113を透光性とすることで、上面射出型（トップエミッション型）の表示装置とすることができる。なお、各画素電極と共通電極113の双方を透光性とすることで、両面射出型（デュアルエミッション型）の表示装置とすることもできる。

[0083]

共通電極113上には、発光素子110R、発光素子110G、及び発光素子110Bを覆って、保護層121が設けられている。保護層121は、上方から各発光素子に水などの不純物が拡散することを防ぐ機能を有する。

[0084]

受光素子110Sは、可視光及び赤外光の一方または双方を検出することができる。可視光を検出する場合、例えば、青色、紫色、青紫色、緑色、黄緑色、黄色、橙色、赤色などの色のうち一つまたは複数を検出することができる。赤外光を検出する場合、暗い場所でも対象物の検出が可能となり、好ましい。

[0085]

受光素子110Sとしては、例えば、pn型またはpin型のフォトダイオードを用いることができる。受光素子110Sは、受光素子110Sに入射する光を検出し電荷を発生させる光電変換素子（光電変換デバイスともいう）として機能する。光電変換素子は、入射する光量に応じて、発生する電荷量が決まる。

[0086]

特に、受光素子110Sとして、有機化合物を含む層を有する有機フォトダイオードを用いることが好ましい。有機フォトダイオードは、薄型化、軽量化、及び大面積化が容易であり、また、形状及びデザインの自由度が高いため、様々な装置に適用できる。

[0087]

ここで、本発明の一態様の表示装置では、受光素子と発光素子とが共通で有する層（受光素子と発光素子とが共有する一続きの層、ともいえる）が存在する場合がある。このような層は、発光素子における機能と受光素子における機能とが異なる場合がある。本明細書中では、発光素子における機能に基づいて構成要素を呼称することがある。例えば、正孔注入層は、発光素子において正孔注入層として機能し、受光素子において正孔輸送層として機能する。同様に、電子注入層は、発光素子において電子注入層として機能し、受光素子において電子輸送層として機能する。また、受光素子と発光素子が共通で有する層は、発光素子における機能と受光素子における機能とが同一である場合もある。正孔輸送層は、発光素子及び受光素子のいずれにおいても、正孔輸送層として機能し、電子輸送層は、発光素子及び受光素子のいずれにおいても、電子輸送層として機能する。

[0088]

本発明の一態様では、発光素子として有機EL素子を用い、受光素子として有機フォトダイオードを用いる。有機EL素子及び有機フォトダイオードは、同一基板上に形成することができる。したがって、有機EL素子を用いた表示装置に有機フォトダイオードを内蔵することができる。

[0089]

受光素子は、画素電極と共通電極との間に逆バイアスをかけて駆動することで、受光素子に入射する光を検出し、電荷を発生させ、電流として取り出すことができる。

[0090]

受光素子110Sは、画素電極111S、PS層155S、及び共通電極113を有する。また図2B等に示す構成において受光素子110Sは、PS層155Sと共通電極113との間に共通層114を有する。

[0091]

P S 層 1 5 5 S は、少なくとも光電変換層（活性層と呼ぶ場合もある）を有する。ここで、P S 層 1 5 5 S が有する層（機能層ともいう）としては、光電変換層、キャリア注入層（正孔注入層及び電子注入層）、キャリア輸送層（正孔輸送層及び電子輸送層）、及び、キャリアブロック層（正孔ブロック層及び電子ブロック層）などが挙げられる。

[0092]

光電変換層は、半導体を含む。当該半導体としては、シリコンなどの無機半導体、及び、有機化合物を含む有機半導体が挙げられる。光電変換層が有する半導体として例えば、有機半導体を用いることができる。有機半導体を用いることで、発光層と、光電変換層と、を同じ方法（例えば、真空蒸着法）で形成することができ、製造装置を共通化できるため好ましい。光電変換層として例えば、p n 型または p i n 型のフォトダイオードを用いることができる。

[0093]

画素電極 1 1 1 S として、画素電極 1 1 1 R、画素電極 1 1 1 G、画素電極 1 1 1 B などに示す材料及び構成を用いることができる。

[0094]

発光素子 1 1 0 が発する光の色の組み合わせは、上記に限定されず、例えば、シアン、マゼンタ、黄などの色も用いてもよい。また、上記では、赤（R）、緑（G）、および青（B）の3色の例を示したが、表示装置 1 0 0 A に含まれる発光素子 1 1 0 が発する光の色の数は、2色としてもよいし、4色以上としてもよい。

[0095]

画素電極 1 1 1 は下部電極として機能し、共通電極 1 1 3 は上部電極として機能する。共通電極 1 1 3 は、可視光に対して透過性及び反射性を有する。有機層 1 1 2 は、発光性の化合物を含む。

[0096]

発光素子 1 1 0 は、画素電極 1 1 1 と共通電極 1 1 3 の間に電位差を与えることで有機層 1 1 2 に流れる電流により発光する機能を有する電界発光素子を用いることができる。特に有機層 1 1 2 に発光性の有機化合物を用いた有機 E L 素子を適用することが好ましい。また、発光素子 1 1 0 は、発光スペクトルが可視光領域に1つのピークを有する単色の光を発する素子であることが好ましい。なお、発光素子 1 1 0 は、発光スペクトルが可視光領域に2つ以上のピークを有する白色光を発する素子であってもよい。

[0097]

各発光素子 1 1 0 に設けられる画素電極 1 1 1 には、発光素子 1 1 0 の発光の光量を制御する電位が独立に与えられる。

[0098]

有機層 1 1 2、及び共通層 1 1 4 は、それぞれ独立に電子注入層、電子輸送層、正孔注入層、及び正孔輸送層のうち、一以上を有することができる。例えば、有機層 1 1 2 が、画素電極 1 1 1 側から正孔注入層、正孔輸送層、発光層、および電子輸送層の積層構造を有し、共通層 1 1 4 が電子注入層を有する構成とすることができる。

[0099]

共通電極 1 1 3 は、可視光に対して透過性及び反射性を有するように形成する。例えば、可視光を透過する程度に薄い金属膜、または合金膜を用いることができる。またはこのような膜に透光性を有する導電膜（例えば金属酸化物膜）を積層してもよい。

[0100]

図2Aの断面図において、有機層112の端部は、画素電極111の端部よりも外側に位置する。有機層112の端部は、画素電極111の端部を覆う。有機層112の端部が画素電極111の端部より外側に位置することにより、画素電極111と共通電極113のショートを抑制することができる。

[0101]

図2Bの断面図において、PS層155Sの端部は、画素電極111の端部よりも外側に位置する。PS層155Sの端部は、画素電極111の端部を覆う。PS層155Sの端部が画素電極111の端部より外側に位置することにより、画素電極111と共通電極113のショートを抑制することができる。

[0102]

絶縁層105は凹部175を有する。凹部175は、図1に示すA1-A2方向に隣接する2つの画素電極111の間に位置する領域の絶縁層105に設けられる。また凹部175は、B1-B2方向に隣接する2つの画素電極111の間に位置する領域の絶縁層105にも設けられる。凹部175は、複数の凹部の集まりと表現することもできる。また凹部175は例えば、複数の溝の集まりと表現することもでき、ひとつの溝は例えば、隣接する画素電極111の間に設けられる。

[0103]

凹部175は溝状の領域を有する。凹部175は例えば、上面視において画素電極111の辺に沿って設けられる、溝状の領域を有する。溝状の該領域において凹部175は、上面視において、画素電極111の該辺の内側において、画素電極111と重畳する領域を有する。凹部175が画素電極の内側において重畳する領域を有することにより例えば、有機層112の成膜時に、画素電極111の下方の、該辺の内側の領域において、有機層112を段切れさせることができる。

[0104]

図1及び図2Aに示すように、絶縁層105の、発光素子110Rと発光素子110Gとの間に位置する領域に凹部175が設けられ、絶縁層105の、発光素子110Gと発光素子110Bとの間に位置する領域に凹部175が設けられ、絶縁層105の、発光素子110Bと発光素子110Rとの間に位置する領域に凹部175が設けられる。また、図1及び図2Bに示すように、絶縁層105の、発光素子110Gと受光素子110Sとの間に位置する領域に凹部175が設けられる。

[0105]

また、図1に示すように、表示装置100Aの上面視において、発光素子110R、発光素子110G、発光素子110Bが順に配列する方向をx方向とし、x方向と垂直な方向をy方向とする。凹部175は、x方向に延在した直線形状の溝と、y方向に延在下直線形状の溝と、の集まりである、と表現することもできる。

[0106]

凹部175の一部は、画素電極111の下方に位置することが好ましい。別言すると、凹部175は、画素電極111の下方に位置する領域を有することが好ましい。

[0107]

例えば、第1の画素電極と第2の画素電極の間に位置する凹部175において、凹部175は第1の画素電極と重なる第1の領域と、第2の画素電極と重なる第2の領域と、第1の画素電極および第2の画素電極と重ならない第3の領域と、を有することが好ましい。第3の領域は、第1の領域

と第2の領域との間に位置する。また、第1の領域は、第1の画素電極の下方に位置すると言える。また、第2の領域は第2の画素電極の下方に位置すると言える。なお、第1の画素電極を有する発光素子と、第2の画素電極を有する発光素子とは、異なる色の光を呈する。あるいは、第1の画素電極が発光素子に含まれ、第2の画素電極が受光素子に含まれる。

[0108]

凹部175は、表示装置100Aの断面視において、下に凸の形状を有する。凹部175は例えば、下に凸の円弧状の形状を有する。あるいは凹部175は例えば、下に凸の円弧状の形状の領域と、平坦な形状の領域と、を有してもよい。例えば凹部175の側壁が下に凸の円弧状の形状を有し、底面が平坦な形状を有してもよい。

[0109]

凹部175の形状は、凹部175の一部が画素電極111の下方に位置するのであれば、特に限定されない。例えば、凹部175は、表示装置の断面視において、下に凸の円弧状の形状を有してもよいし、底面が平坦、かつ、側壁が下に凸の円弧状の形状を有してもよい。

[0110]

また凹部175の形状は上記に限られない。例えば、凹部175が画素電極111の下方に位置する領域を有しなくてもよい場合がある。例えば、凹部175は、表示装置の断面視において、十字状の形状、T字状の形状、または逆T字状の形状を有してもよい。

[0111]

なお、下に凸の円弧状の形状は、凹状の曲面形状とも言える。また、下に凸の円弧状には、下に凸の半円状が含まれる。

[0112]

凹部175を設けることにより、発光素子110が有する有機層112を、隣接する発光素子110との間、あるいは隣接する受光素子110Sとの間で切断することができる。また、凹部175を設けることにより、受光素子110Sが有するPS層155Sを、隣接する発光素子110との間、あるいは隣接する受光素子110Sとの間で切断することができる。

[0113]

有機層112となる膜を画素電極上、及び凹部175に成膜することにより例えば、凹部175のうち、画素電極111と重なる領域において、有機層112となる膜が切断される。これにより例えば、メタルマスクなどのシャドーマスク、及びエッチング等を用いずに有機層112となる膜を島状に加工することができる。

[0114]

また、PS層155Sとなる膜を画素電極上、及び凹部175に成膜することにより例えば、凹部175のうち、画素電極111と重なる領域において、PS層155Sとなる膜が切断される。これにより例えば、メタルマスクなどのシャドーマスク、及びエッチング等を用いずに有機層112となる膜を島状に加工することができる。

[0115]

なお、有機層112となる膜、及びPS層155Sとなる膜を凹部175において切断した後、有機層112となる膜、及びPS層155Sとなる膜のうち凹部175内に残存した膜を、エッチング等により除去することが好ましい。

[0116]

表示装置 100A は、隣接する発光素子間、または隣接する発光素子と受光素子、または隣接する受光素子間で、有機層 112 が分断される。これにより、隣接する素子間で、有機層 112 を介して流れる電流（リーク電流ともいう）を防ぐことができる。したがって、当該リーク電流により生じる発光を抑制することができ、コントラストの高い表示を実現することができる。さらに、精細度を高めた場合でも、有機層 112 に導電性の高い材料を用いることができるため、材料の選択の幅を広げることができ、効率の向上、消費電力の低減、及び信頼性の向上を図ることが容易となる。

[0117]

有機層 112 及び PS 層 155S は、メタルマスクなどのシャドーマスクを用いた成膜により、島状のパターンを形成してもよいが、特にメタルマスクを用いない加工方法を用いることが好ましい。これにより、極めて微細なパターンを形成することが可能となるため、メタルマスクを用いた形成法と比較して、精細度、及び開口率を向上させることができる。このような加工方法としては、代表的には、フォトリソグラフィ法を用いることができる。そのほか、ナノインプリント法、サンドブラスト法などの形成法を用いることもできる。

[0118]

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。

[0119]

表示装置 100A は、有機層 112R 上の絶縁層 118a と、有機層 112G 上の絶縁層 118b と、有機層 112B 上の絶縁層 118c と、PS 層 155S 上の絶縁層 118d と、絶縁層 125 と、樹脂層 126 と、を有する。

[0120]

なお以下では、絶縁層 118a、絶縁層 118b、絶縁層 118c、及び絶縁層 118d に共通の事項を説明する場合には、符号に付加する記号を省略し、絶縁層 118 と表記して説明する場合がある。

[0121]

絶縁層 118 は、有機層 112 または PS 層 155S の上面の少なくとも一部を覆うように設けられている。また、絶縁層 118 は、凹部 175 の少なくとも一部と重なるように設けられている。図 2A に示すように、有機層 112R 上の絶縁層 118a は、凹部 175 の少なくとも一部と重なるように設けられ、有機層 112G 上の絶縁層 118b は、凹部 175 の少なくとも一部と重なるように設けられ、有機層 112B 上の絶縁層 118c は、凹部 175 の少なくとも一部と重なるように設けられている。また、図 2B に示すように、PS 層 155S 上の絶縁層 118d は、凹部 175 の少なくとも一部と重なるように設けられる。

[0122]

また、絶縁層 118 は、有機層 112（PS 層 155S）の上面の少なくとも一部と接する領域、および有機層 112（PS 層 155S）の側面と接する領域を有する。また、絶縁層 118 は、発光素子 110（受光素子 110S）、具体的には画素電極 111 の下方において、絶縁層 105 と接する領域を有する。また、絶縁層 118 は、絶縁層 106 の下面と接する領域を有する。ここで、絶縁層 106 と絶縁層 118 との密着性が高い構成とすることにより、絶縁層 118 が有機層 11

2 (PS層155S) から剥がれること、及び有機層112 (PS層155S) が画素電極111から剥がれることを抑制することができる。また、絶縁層105と絶縁層118との密着性が高い構成とすることにより、絶縁層118が有機層112 (PS層155S) から剥がれること、及び有機層112 (PS層155S) が画素電極111から剥がれることを抑制することができる。膜の剥がれを抑制することにより、表示装置の作製工程における歩留まりを向上することができる。また表示装置の表示品位を高めることができる。

[0123]

絶縁層105と絶縁層118との密着性は、絶縁層118と有機層112の密着性より高いことが好ましい。また、絶縁層105と絶縁層118との密着性は、絶縁層118とPS層155Sの密着性より高いことが好ましい。

[0124]

絶縁層105としては有機絶縁膜を用いる場合には、アクリル樹脂、ポリイミド樹脂、エポキシ樹脂、イミド樹脂、ポリアミド樹脂、ポリイミドアミド樹脂、シリコーン樹脂、シロキサン樹脂、ベンゾシクロブテン系樹脂、フェノール樹脂、及びこれら樹脂の前駆体等を適用することができる。また絶縁層105として、ポリビニルアルコール (PVA)、ポリビニルブチラル、ポリビニルピロリドン、ポリエチレングリコール、ポリグリセリン、プルラン、水溶性のセルロース、またはアルコール可溶性のポリアミド樹脂などの有機材料を用いてもよい。

[0125]

ここで、絶縁層105の作製において、樹脂を塗布後にベーク (加熱処理) を行うことが好ましい。ベークは例えば、還元雰囲気下で行うことが好ましく、例えば窒素雰囲気において行うことができる。

[0126]

絶縁層105としてアクリル樹脂を用いる場合には例えば、ベーク温度は125℃以上であることが好ましく、150℃以上であることがより好ましく、200℃以上であることがさらに好ましい。このような温度でベークを行うことにより、絶縁層105と絶縁層118の密着性が高まる場合がある。

[0127]

なお、絶縁層105の作製におけるベークの温度に比べて、後述する樹脂層126の作製におけるベークの温度が低い場合がある。樹脂層126の作製におけるベーク温度は例えば200℃以下であることが好ましく、150℃以下であることがより好ましく、125℃以下であることがさらに好ましい。

[0128]

図2Aに示すように、絶縁層118aは、有機層112Rの上面の少なくとも一部と接する領域、有機層112Rの側面と接する領域、及び画素電極111Rの下方において絶縁層105と接する領域を有する。また絶縁層118aは、絶縁層106の下面と接する領域を有する。絶縁層118bは、有機層112Gの上面の少なくとも一部と接する領域、有機層112Gの側面と接する領域、及び画素電極111Gの下方において絶縁層105と接する領域を有する。また絶縁層118bは、絶縁層106の下面と接する領域を有する。絶縁層118cは、有機層112Bの上面の少なくとも一部と接する領域、有機層112Bの側面と接する領域、及び画素電極111Bの下方において絶縁層105と接する領域を有する。また絶縁層118cは、絶縁層106の下面と接する領域を

有する。

[0129]

図2Bに示すように、絶縁層118dは、PS層155Sの上面の少なくとも一部と接する領域、PS層155Sの側面と接する領域、及び画素電極111Sの下方において絶縁層105と接する領域を有する。

[0130]

絶縁層118には、有機層112（PS層155S）に達する開口部を有する。当該開口部において、有機層112（PS層155S）は、共通層114と接する。また、共通電極113は、当該開口部を介して、有機層112（PS層155S）と重畳する領域を有する。

[0131]

絶縁層118は、樹脂層126と有機層112（PS層155S）との間に位置する領域を有し、樹脂層126が有機層112（PS層155S）に接することを防ぐための保護膜として機能する。有機層112（PS層155S）と樹脂層126とが接すると、樹脂層126の形成時に用いられる有機溶媒などにより有機層112（PS層155S）が溶解する可能性がある。そのため、本実施の形態に示すように、有機層112（PS層155S）と樹脂層126との間に絶縁層118を設ける構成とすることで、有機層112（PS層155S）の側面を保護することが可能となる。

[0132]

絶縁層118としては、無機材料を有する絶縁層とすることができる。絶縁層118には、例えば、酸化絶縁膜、窒化絶縁膜、酸化窒化絶縁膜、及び窒化酸化絶縁膜などの無機絶縁膜を用いることができる。絶縁層118は単層構造であってもよく積層構造であってもよい。酸化絶縁膜としては、酸化シリコン膜、酸化アルミニウム膜、酸化マグネシウム膜、インジウムガリウム亜鉛酸化物膜、酸化ガリウム膜、酸化ゲルマニウム膜、酸化イットリウム膜、酸化ジルコニウム膜、酸化ランタン膜、酸化ネオジム膜、酸化ハフニウム膜、及び酸化タンタル膜などが挙げられる。窒化絶縁膜としては、窒化シリコン膜、及び窒化アルミニウム膜などが挙げられる。酸化窒化絶縁膜としては、酸化窒化シリコン膜、及び酸化窒化アルミニウム膜などが挙げられる。窒化酸化絶縁膜としては、窒化酸化シリコン膜、及び窒化酸化アルミニウム膜などが挙げられる。特にALD法により形成した酸化アルミニウム膜、酸化ハフニウム膜などの酸化金属膜、または酸化シリコン膜などの無機絶縁膜を絶縁層118に適用することで、ピンホールが少なく、有機層112を保護する機能に優れた絶縁層118を形成することができる。

[0133]

なお、本明細書などにおいて、酸化窒化物とは、その組成として、窒素よりも酸素の含有量が多い材料を指し、窒化酸化物とは、その組成として、酸素よりも窒素の含有量が多い材料を指す。例えば、酸化窒化シリコンと記載した場合は、その組成として窒素よりも酸素の含有量が多い材料を指し、窒化酸化シリコンと記載した場合は、その組成として、酸素よりも窒素の含有量が多い材料を示す。

[0134]

また、絶縁層118は、有機層112及びPS層155Sに水などの不純物が拡散することを防ぐ保護層として機能してもよい。絶縁層118には酸化シリコン膜、窒化シリコン膜、または酸化アルミニウム膜などの、透湿性の低い無機絶縁膜を用いることが好ましい。絶縁層118に酸化アルミニウムを用いる場合、絶縁層118は、アルミニウムと、酸素と、を有する絶縁層となる。

[0135]

絶縁層118の形成は、スパッタリング法、CVD法、PLD法、またはALD法などを用いることができる。絶縁層118は、被覆性が良好なALD法を用いて形成することが好ましい。

[0136]

絶縁層118の膜厚は、3nm以上、5nm以上、又は10nm以上、且つ、200nm以下、150nm以下、100nm以下、又は50nm以下であることが好ましい。

[0137]

隣接する異なる色の発光素子間において、互いの有機層112の側面が、樹脂層126を挟んで対向して設けられている。樹脂層126は、隣接する異なる色の発光素子の間に位置し、それぞれの有機層112の端部、及び2つの有機層112の間の領域を埋めるように設けられている。

[0138]

また、隣接する発光素子と受光素子において、発光素子が有する有機層112の側面と、受光素子が有するPS層155Sの側面が、樹脂層126を挟んで対向して設けられている。樹脂層126は、隣接する発光素子と受光素子の間に位置し、有機層112の端部とPS層155Sの端部の間の領域、及び有機層112とPS層155Sの間の領域を埋めるように設けられている。

[0139]

また本発明の一態様の表示装置が、受光素子が隣接する構成を有する場合には、隣接する受光素子間において、互いのPS層155Sの側面が、樹脂層126を挟んで対向して設けられている。樹脂層126は、隣接する受光素子の間に位置し、それぞれのPS層155Sの端部、及び2つのPS層155Sの間の領域を埋めるように設けられている。

[0140]

樹脂層126は、滑らかな凸状の上面形状を有しており、樹脂層126の上面を覆って、共通層114及び共通電極113が設けられている。

[0141]

隣接する発光素子間、及び隣接する発光素子と受光素子の間などにおいて、樹脂層126は絶縁層105と接する領域を有する。例えば、樹脂層126は、有機層112Rと有機層112Gとの間に位置する部分において、絶縁層105と接する領域を有する。また、樹脂層126は、有機層112Gと有機層112Bとの間に位置する部分において、絶縁層105と接する領域を有する。また、樹脂層126は、有機層112Bと有機層112Rとの間に位置する部分において、絶縁層105と接する領域を有する。また、樹脂層126は、PS層155Sと有機層112との間に位置する部分において、絶縁層105と接する領域を有する。

[0142]

樹脂層126は、隣接する発光素子間に位置する段差、及び隣接する発光素子と受光素子の間に位置する段差、等を埋める平坦化膜として機能する。樹脂層126を設けることにより、共通電極113が有機層112の端部の段差、及びPS層155Sの端部の段差により分断されてしまう現象（段切れともいう）を抑制することができ、有機層112上の共通電極113が絶縁してしまうことを防ぐことができる。樹脂層126は、LFP（Local Filling Planarization）ともいうことができる。

[0143]

樹脂層126としては、有機材料を有する絶縁層を好適に用いることができる。例えば、樹脂層1

26として、アクリル樹脂、ポリイミド樹脂、エポキシ樹脂、イミド樹脂、ポリアミド樹脂、ポリイミドアミド樹脂、シリコーン樹脂、シロキサン樹脂、ベンゾシクロブテン系樹脂、フェノール樹脂、及びこれら樹脂の前駆体等を適用することができる。また、樹脂層126として、ポリビニルアルコール（PVA）、ポリビニルブチラール、ポリビニルピロリドン、ポリエチレングリコール、ポリグリセリン、プルラン、水溶性のセルロース、またはアルコール可溶性のポリアミド樹脂などの有機材料を用いてもよい。

[0144]

また、樹脂層126として、感光性の樹脂を用いることができる。感光性の樹脂としてはフォトレジストを用いてもよい。感光性の樹脂は、ポジ型の材料、またはネガ型の材料を用いることができる。

[0145]

樹脂層126は、可視光を吸収する材料を含んでいてもよい。例えば、樹脂層126自体が可視光を吸収する材料により構成されていてもよいし、樹脂層126が、可視光を吸収する顔料を含んでいてもよい。樹脂層126としては、例えば、赤色、青色、または緑色の光を透過し、他の光を吸収するカラーフィルタとして用いることのできる樹脂、またはカーボンブラックを顔料として含み、ブラックマトリクスとして機能する樹脂などを用いることができる。

[0146]

また、樹脂層126と絶縁層118aの間、樹脂層126と絶縁層118bの間、及び樹脂層126と絶縁層118cの間にはそれぞれ、絶縁層125が設けられている。絶縁層125は、有機層112（PS層155S）達する開口部が設けられる。なお、表示装置100Aにおいて、絶縁層125を設けない構成としてもよい。

[0147]

共通電極113を覆って保護層121が設けられている。

[0148]

保護層121としては、例えば、少なくとも無機絶縁膜を含む単層構造または積層構造とすることができる。無機絶縁膜としては、例えば、酸化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜、窒化シリコン膜、酸化アルミニウム膜、酸化窒化アルミニウム膜、酸化ハフニウム膜などの酸化物膜または窒化物膜が挙げられる。または、保護層121としてインジウムガリウム酸化物、インジウム亜鉛酸化物、インジウムスズ酸化物、インジウムガリウム亜鉛酸化物などの半導体材料または導電性材料を用いてもよい。

[0149]

保護層121としては、無機絶縁膜と、有機絶縁膜の積層膜を用いることもできる。例えば、一対の無機絶縁膜の間に、有機絶縁膜を挟んだ構成とすることが好ましい。さらに有機絶縁膜が平坦化膜として機能することが好ましい。これにより、有機絶縁膜の上面を平坦なものとすることができるため、その上の無機絶縁膜の被覆性が向上し、バリア性を高めることができる。また、保護層121の上面が平坦となるため、保護層121の上方に構造物（例えばカラーフィルタ、タッチセンサの電極、またはレンズアレイなど）を設ける場合に、下方の構造に起因する凹凸形状の影響を軽減できるため好ましい。

[0150]

図2Bには図示していないが、共通電極113は、凹部175の端部よりも外側の領域に延在して

いることが好ましい。

[0151]

このような構成とすることで、異なる色の発光素子毎に、発光素子110が有するEL層を作り分けて、色再現性が高く、低消費電力のカラー表示を行うことができる。

[0152]

基板101は、トランジスタまたは配線などを有する回路基板を用いることができる。なお、パッシブマトリクス方式またはセグメント方式が適用できる場合には、基板101としてガラス基板などの絶縁性基板を用いることができる。また、基板101は、各発光素子を駆動するための回路（画素回路ともいう）、または当該画素回路を駆動するための駆動回路として機能する半導体回路が設けられた基板である。基板101のより具体的な構成例については後述する。

[0153]

基板101と、発光素子110の画素電極111とは、導電層を介して電氣的に接続されている。

[0154]

図2Aに示す幅W1は、A1-A2方向における、画素電極111と重ならない領域の凹部175の幅である。なお、図2Aに示す表示装置100Aにおいては、幅W1は、互いに向かい合う、画素電極111の端部の最短距離と言い換えることができる。また、図2Aに示す幅W2は、A1-A2方向における、画素電極111と重なる領域の凹部175の幅である。

[0155]

図30には、図2Aにおいて、幅W1、幅W2を含む領域の拡大図を示す。また、図30には、凹部175の深さW5を示す。深さW5は例えば、凹部175の底部の高さと、絶縁層105の上面との高さの差である。なお、凹部175の幅W1、幅W2、底部の高さ及び絶縁層105の上面の高さはそれぞれ例えば、表示装置100Aの断面観察像によって計測することができる。断面観察像は例えば、TEM（Transmission Electron Microscope、透過電子顕微鏡）、STEM（Scanning Transmission Electron Microscope、走査透過電子顕微鏡）、等を用いて観察することができる。断面観察像は、加工を行って断面を露出させ、観察範囲における高さを用いて計測することができる。凹部175の底部の高さは例えば、観察範囲における高さの平均を算出すればよい。あるいは凹部175の底部の高さは、観察される領域において凹部175が最も深くなる点を測定すればよい。絶縁層105の上面の高さは例えば、観察範囲における高さの平均を算出すればよい。あるいは絶縁層105の上面の高さは、観察される領域において絶縁層105の上面が最も高くなる点を測定すればよい。

[0156]

また、観察範囲内において、複数の凹部175が観察される場合には、凹部の幅W1、幅W2、深さW5等は、それらの平均値、あるいは最大値、あるいは最小値、中央値、等とすればよい。

[0157]

幅W1は、有機層112（PS層155S）の膜厚の2倍よりも大きいことが好ましい。例えば有機層112（PS層155S）の膜厚が100nmである場合、幅W1は、200nm以上1200nm以下、好ましくは200nm以上1000nm以下、より好ましくは200nm以上900nm以下とする。これにより、凹部175によって有機層112（PS層155S）に段切れが発生し、画素電極111上に有機層112（PS層155S）を形成することができる。このとき、図2Aに示すように、有機層112（PS層155S）は、画素電極111の側面および上面を覆

うように配置される。なお、本明細書等において、層が構造体を覆うとは、当該層が当該構造体の端面の一部を覆っている状態、または、当該層が当該構造体の端面を包むように完全に覆っている状態を指す。ここで、層は、絶縁層、絶縁膜、または導電層などである。また、構造体は、導電層、有機層、積層体、または発光素子などである。

[0158]

なお、幅W1は、凹部175を形成する場合の加工精度、有機層112（PS層155S）の成膜条件等に合わせて適宜調整するとよい。有機層112（PS層155S）を例えば真空蒸着法を用いて成膜する場合、幅W1が有機層112（PS層155S）の膜厚の2倍より小さくても、有機層112（PS層155S）に段切れが生じる場合がある。例えば有機層112（PS層155S）の膜厚が100nmである場合、幅W1は、100nm以上、かつ、1200nm以下、1000nm以下、又は900nm以下であってもよい。

[0159]

また、幅W2は、有機層112（PS層155S）に段切れが発生する幅であればよい。幅W2は、2nm以上、5nm以上、10nm以上、20nm以上、30nm以上、40nm以上、50nm以上であることが好ましい。幅W2を大きくすることにより、有機層112に段切れを発生させることができる。また幅W2を大きくすることにより、有機層112のアンカリング効果により、密着性を高めることができる。また、幅W2の値が大きすぎる場合には、表示装置の開口率が減少する懸念がある。よって幅W2は500nm以下、300nm以下、200nm以下、150nm以下、または100nm以下であることが好ましい。

[0160]

さらに、幅W2は、好ましくは20nm以上500nm以下、さらに好ましくは30nm以上300nm以下、さらに好ましくは40nm以上200nm以下、さらに好ましくは50nm以上150nm以下であり、例えば90nm程度とすることが好ましい。幅W2を好適な範囲の値とすることにより、高精細なディスプレイにおいても開口率を高い値に保ちつつ、有機層112を段切れさせることができ、絶縁層118の一部を絶縁層106の下面、及び絶縁層105の側面と接する構成とすることができ、絶縁層118が有機層112（PS層155S）から剥がれることを好適に抑制することができる。また有機層112のアンカリング効果により、密着性を高めることができる。

[0161]

なお、幅W1、幅W2及び深さW5は例えば、電子顕微鏡等により観察した表示装置の断面像を用いて測定することができる。観察を行う断面は、上面視において、画素電極111の辺に対して概略垂直となることが好ましい。このとき、辺が概略直線となる領域において、断面を概略垂直に加工し、断面の観察を行えばよい。

[0162]

また、凹部175が溝状に設けられる領域においては、溝の幅方向において、幅W1及び幅W2を測定すればよい。

[0163]

また、深さW5は例えば20nm以上、あるいは50nm以上3000nm以下、あるいは100nm以上2000nm以下、あるいは200nm以上1000nm以下である。

[0164]

本発明の一態様の表示装置において、幅W2を上記の幅とすることにより、有機層112を好適に段切れさせることができる。また、幅W2を上記の幅とすることにより、絶縁層106及び画素電極111の一以上がテーパ形状を有する場合においても、有機層112を好適に断切れさせることができる。

[0165]

また、本発明の一態様の表示装置において、絶縁層118の一部を絶縁層106の下面、及び絶縁層105の側面と接する構成とすることにより、画素電極111、絶縁層118、絶縁層106、及び絶縁層105によって、有機層112を封止する構成とすることができる。なお、上記封止は、画素電極111の周辺の領域において行われる。よって、平面視における画素電極111の面積に対して、画素電極の周長が十分に大きい場合には、より良好に封止を行うことができる。よって、画素電極111の面積がより小さい、より精細度の高い表示装置において、より良好に封止を行うことができる。例えば、400 ppi以上、より好ましくは600 ppi以上の精細度において、より良好に封止できる場合がある。

[0166]

以上より、一つ以上の発光素子を有する画素が、2000 ppi以上、好ましくは3000 ppi以上、より好ましくは5000 ppi以上、さらに好ましくは6000 ppi以上であって、20000 ppi以下、または30000 ppi以下の精細度で配置される、極めて高精細な表示装置を実現することができる。

[0167]

また、発光素子110が有するEL層の膜厚を発光スペクトルのピーク波長に合わせて調整することで、マイクロキャビティ構造（微小共振器構造）を付与し、高輝度な表示装置を実現することができる。また、発光素子110を極めて高密度に配置することが可能となる。例えば、精細度が2000 ppiを超える表示装置を実現することができる。

[0168]

マイクロキャビティ構造を実現するために、発光素子110が有するEL層の膜厚を発光スペクトルのピーク波長に合わせて調整することがある。例えば、最も波長の長い光を発する発光素子110Rが有する有機層112Rが最も厚く、最も波長の短い光を発する発光素子110Bが有する有機層112Bが最も薄い。なお、これに限られず、各発光素子が発する光の波長、発光素子を構成する層の光学特性、及び発光素子の電気特性などを考慮して、各有機層の厚さを調整することができる。

[0169]

上記において、幅W1は、最も薄い有機層112（PS層155S）の膜厚の2倍よりも大きいことが好ましく、最も厚い有機層112（PS層155S）の膜厚の2倍よりも大きいことがより好ましい。これにより、凹部175によって有機層112（PS層155S）に段切れが発生し、画素電極111上に有機層112（PS層155S）を形成することができる。さらに、マイクロキャビティ構造を実現することができる。

[0170]

図2Bに示す幅W3は、B1-B2方向における、画素電極111と重ならない領域の凹部175の幅である。なお、図2Bに示す表示装置100Aにおいては、幅W3は、互いに向かい合う、画素電極111の端部の最短距離と言い換えることができる。また、図2Bに示す幅W4は、B1-

B 2 方向における、画素電極 1 1 1 と重なる領域の凹部 1 7 5 の幅である。

[0 1 7 1]

幅 W 3 については、幅 W 1 の記載を参照することができる。また幅 W 4 については、幅 W 2 の記載を参照することができる。

[0 1 7 2]

[構成要素について]

[発光素子]

発光素子 1 1 0 に用いることのできる発光素子としては、自発光が可能な素子を用いることができ、電流または電圧によって輝度が制御される素子をその範疇に含んでいる。例えば、LED、有機 EL 素子、無機 EL 素子等を用いることができる。特に、有機 EL 素子を用いることが好ましい。

[0 1 7 3]

発光素子は、トップエミッション型、ボトムエミッション型、デュアルエミッション型などがある。光を取り出す側の電極には、可視光を透過する導電膜を用いる。また、光を取り出さない側の電極には、可視光を反射する導電膜を用いる。

[0 1 7 4]

本発明の一態様では、特に被形成面側とは反対側に光を射出する、トップエミッション型またはデュアルエミッション型の発光素子を好適に用いることができる。

[0 1 7 5]

有機層 1 1 2 は少なくとも発光層を有する。有機層 1 1 2 は、発光層以外の層として、正孔注入性の高い物質、正孔輸送性の高い物質、正孔ブロック材料、電子輸送性の高い物質、電子注入性の高い物質、電子ブロック材料、またはバイポーラ性の物質（電子輸送性及び正孔輸送性が高い物質）等を含む層をさらに有していてもよい。

[0 1 7 6]

有機層 1 1 2 には低分子系化合物及び高分子系化合物のいずれを用いることもでき、無機化合物を含んでもよい。有機層 1 1 2 を構成する層は、それぞれ、蒸着法（真空蒸着法を含む）、転写法、印刷法、インクジェット法、塗布法等の方法で形成することができる。

[0 1 7 7]

陰極と陽極の間に、発光素子 1 1 0 の閾値電圧より高い電圧を印加すると、有機層 1 1 2 に陽極側から正孔が注入され、陰極側から電子が注入される。注入された電子と正孔は有機層 1 1 2 において再結合し、有機層 1 1 2 に含まれる発光物質が発光する。

[0 1 7 8]

発光素子 1 1 0 として、白色発光の発光素子を適用する場合には、有機層 1 1 2 に 2 種類以上の発光物質を含む構成とすることが好ましい。例えば 2 つ以上の発光物質の各々の発光が補色の関係となるように、発光物質を選択することにより白色発光を得ることができる。例えば、それぞれ R（赤）、G（緑）、B（青）、Y（黄）、O（橙）等の発光を示す発光物質、または R、G、B のうち 2 以上の色のスペクトル成分を含む発光を示す発光物質のうち、2 以上を含むことが好ましい。また、発光素子からの発光のスペクトルが、可視光領域の波長（例えば 350 nm 乃至 750 nm）の範囲内に 2 つ以上のピークを有する発光素子を適用することが好ましい。また、黄色の波長領域にピークを有する材料の発光スペクトルは、緑色及び赤色の波長領域にもスペクトル成分を有する材料であることが好ましい。

[0179]

有機層112は、一つの色を発光する発光材料を含む発光層と、他の色を発光する発光材料を含む発光層とが積層された構成とすることが好ましい。例えば、有機層112における複数の発光層は、互いに接して積層されていてもよいし、いずれの発光材料も含まない領域を介して積層されていてもよい。例えば、蛍光発光層と燐光発光層との間に、当該蛍光発光層または燐光発光層と同一の材料（例えばホスト材料、アシスト材料）を含み、且ついずれの発光材料も含まない領域を設ける構成としてもよい。これにより、発光素子の作製が容易になり、また、駆動電圧が低減される。

[0180]

また、発光素子110は、EL層を1つ有するシングル素子であってもよいし、複数のEL層が電荷発生層を介して積層されたタンデム素子であってもよい。

[0181]

シングル構造のデバイスは、一対の電極間に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。2の発光層を用いて白色発光を得る場合、2の発光層の各々の発光色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、発光素子全体として白色発光する構成を得ることができる。また、3以上の発光層を用いて白色発光を得る場合、3以上の発光層のそれぞれの発光色が合わさることで、発光素子全体として白色発光することができる構成とすればよい。

[0182]

タンデム構造のデバイスは、一対の電極間に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。

[0183]

画素電極111等に用いることのできる、可視光を透過する導電膜は、例えば、酸化インジウム、インジウム錫酸化物、インジウム亜鉛酸化物、酸化亜鉛、ガリウムを添加した酸化亜鉛などを用いて形成することができる。また、金、銀、白金、マグネシウム、ニッケル、タンゲステン、クロム、モリブデン、鉄、コバルト、銅、パラジウム、もしくはチタン等の金属材料、これら金属材料を含む合金、またはこれら金属材料の窒化物（例えば、窒化チタン）等も、透光性を有する程度に薄く形成することで用いることができる。また、上記材料の積層膜を導電層として用いることができる。例えば、銀とマグネシウムの合金とインジウム錫酸化物の積層膜などを用いると、導電性を高めることができるため好ましい。また、グラフェン等を用いてもよい。

[0184]

画素電極111は、有機層112側に位置する部分に、上記可視光を反射する導電膜を用いることが好ましい。当該導電膜として例えば、アルミニウム、金、白金、銀、ニッケル、タンゲステン、クロム、モリブデン、鉄、コバルト、銅、もしくはパラジウム等の金属材料、またはこれら金属材料を含む合金を用いることができる。銀は可視光の反射率が高く、好ましい。また、アルミニウムは電極のエッチングが容易であるため加工しやすく、かつ、可視光および近赤外光の反射率が高く、好ましい。また、上記金属材料または合金に、ランタン、ネオジム、またはゲルマニウム等が添加

されていてもよい。また、チタン、ニッケル、またはネオジムと、アルミニウムを含む合金（アルミニウム合金）を用いてもよい。また銅、パラジウム、マグネシウムと、銀を含む合金を用いてもよい。銀と銅を含む合金は、耐熱性が高いため好ましい。

[0185]

また画素電極111を、可視光を反射する導電膜上に導電性金属酸化物膜を積層する構成としてもよい。このような構成とすることで、可視光を反射する導電膜の酸化または腐食などを抑制できる。例えば、アルミニウム膜またはアルミニウム合金膜に接して金属膜または金属酸化物膜を積層することで、酸化を抑制することができる。このような金属膜、金属酸化物膜の材料としては、チタンまたは酸化チタンなどが挙げられる。また、上記可視光を透過する導電膜と金属材料からなる膜とを積層してもよい。例えば、銀とインジウム錫酸化物の積層膜、銀とマグネシウムの合金とインジウム錫酸化物の積層膜などを用いることができる。

[0186]

画素電極111としてアルミニウムを用いる場合には、好ましくは40nm以上、より好ましくは70nm以上の厚さとすることにより、可視光などの反射率を十分に高くすることができる。また、画素電極111として銀を用いる場合には、好ましくは70nm以上、より好ましくは100nm以上とすることにより、可視光などの反射率を十分に高くすることができる。

[0187]

共通電極113に用いることのできる、透光性及び反射性を有する導電膜としては、上記可視光を反射する導電膜を、可視光が透過する程度に薄く形成した膜を用いることができる。また、当該導電膜と上記可視光を透過する導電膜との積層構造とすることで、導電性または機械的な強度などを高めることができる。

[0188]

透光性及び反射性を有する導電膜は、可視光に対する反射率（例えば400nm乃至700nmの範囲内の所定の波長の光に対する反射率）が、20%以上80%以下、好ましくは40%以上70%以下とすることが好ましい。また、反射性を有する導電膜の可視光に対する反射率は、40%以上100%以下、好ましくは70%以上100%以下とすることが好ましい。また、透光性を有する導電膜の可視光に対する反射率は、0%以上40%以下、好ましくは0%以上30%以下とすることが好ましい。

[0189]

下部電極として機能する画素電極111としては、金、銀、白金、マグネシウム、ニッケル、タンタム、クロム、モリブデン、鉄、コバルト、銅、パラジウム、もしくはチタン等の金属材料、これら金属材料を含む合金、またはこれら金属材料の窒化物（例えば、窒化チタン）等を用いることができる。

[0190]

発光素子を構成する電極は、それぞれ、蒸着法またはスパッタリング法などを用いて形成すればよい。そのほか、インクジェット法などの吐出法、スクリーン印刷法などの印刷法、またはメッキ法を用いて形成することができる。

[0191]

なお、上述した、発光層、ならびに正孔注入性の高い物質、正孔輸送性の高い物質、電子輸送性の高い物質、及び電子注入性の高い物質、バイポーラ性の物質等を含む層は、それぞれ量子ドットな

どの無機化合物、または高分子化合物（オリゴマー、デンドリマー、ポリマー等）を有していてもよい。例えば、量子ドットを発光層に用いることで、発光材料として機能させることもできる。

[0192]

なお、量子ドット材料としては、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などを用いることができる。また、第12族と第16族、第13族と第15族、または第14族と第16族の元素グループを含む材料を用いてもよい。または、カドミウム、セレン、亜鉛、硫黄、リン、インジウム、テルル、鉛、ガリウム、ヒ素、アルミニウム等の元素を含む量子ドット材料を用いてもよい。

[0193]

各発光素子は、その可視光を反射する反射層の表面と、可視光に対して透過性及び反射性を有する共通電極113との間の光学距離が、その強度を強めたい光の波長 λ に対して、 $m \times \lambda / 2$ （ m は1以上の整数）、またはその近傍となるように調整されていることが好ましい。

[0194]

なお、上述した光学距離は、厳密には反射層の反射面と透光性及び反射性を有する共通電極113の反射面との間の物理的な距離と、これらの間に設けられる層の屈折率との積が関係するため、厳密に調整することは困難である。そのため、反射層の表面、及び透光性及び反射性を有する共通電極113の表面を、それぞれ反射面と仮定して、光学距離を調整することが好ましい。

[0195]

[作製方法例]

本発明の一態様の表示装置の作製方法の一例について、図面を参照して説明する。

[0196]

なお、表示装置を構成する薄膜（絶縁膜、半導体膜、導電膜等）は、スパッタリング法、化学気相堆積（CVD: Chemical Vapor Deposition）法、真空蒸着法、パルスレーザー堆積（PLD: Pulsed Laser Deposition）法、原子層堆積（ALD: Atomic Layer Deposition）法などを用いて形成することができる。CVD法としては、プラズマ化学気相堆積（PECVD: Plasma Enhanced CVD）法、及び熱CVD法などがある。また、熱CVD法のひとつに、有機金属化学気相堆積（MOCVD: Metal Organic CVD）法がある。

[0197]

また、表示装置を構成する薄膜（絶縁膜、半導体膜、導電膜等）は、スピコート、ディップ、スプレー塗布、インクジェット、ディスペンス、スクリーン印刷、オフセット印刷、ドクターナイフ、スリットコート、ロールコート、カーテンコート、又はナイフコート等の湿式の成膜方法により形成することができる。

[0198]

また、表示装置を構成する薄膜を加工する際には、フォトリソグラフィ法などを用いて加工することができる。それ以外に、ナノインプリント法、サンドブラスト法、リフトオフ法などにより薄膜を加工してもよい。また、メタルマスクなどの遮蔽マスクを用いた成膜方法により、島状の薄膜を直接形成してもよい。

[0199]

フォトリソグラフィ法としては、代表的には以下の2つの方法がある。一つは、加工したい薄膜上

にレジストマスクを形成して、エッチング等により当該薄膜を加工し、レジストマスクを除去する方法である。もう一つは、感光性を有する薄膜を成膜した後に、露光、現像を行って、当該薄膜を所望の形状に加工する方法である。

[0200]

フォトリソグラフィ法において、露光に用いる光は、例えばi線（波長365nm）、g線（波長436nm）、h線（波長405nm）、またはこれらを混合させた光を用いることができる。そのほか、紫外線、KrFレーザ光、またはArFレーザ光等を用いることもできる。また、液浸露光技術により露光を行ってもよい。また、露光に用いる光として、極端紫外（EUV: Extreme Ultraviolet）光、またはX線を用いてもよい。また、露光に用いる光に換えて、電子ビームを用いることもできる。極端紫外光、X線または電子ビームを用いると、極めて微細な加工が可能となるため好ましい。なお、電子ビームなどのビームを走査することにより露光を行う場合には、フォトマスクは不要である。

[0201]

薄膜の加工には、ドライエッチング法、ウェットエッチング法、サンドブラスト法などを用いることができる。また、レジストマスクの除去は、アッシングなどのドライエッチング処理、ウェットエッチング処理、ドライエッチング処理後のウェットエッチング処理、またはウェットエッチング処理後のドライエッチング処理で行うことができる。

[0202]

薄膜の平坦化処理としては、代表的には化学的機械研磨（Chemical Mechanical Polishing: CMP）法等の研磨処理法を好適に用いることができる。その他、ドライエッチング処理、プラズマ処理を用いてもよい。なお、研磨処理、ドライエッチング処理、プラズマ処理は複数回行ってもよく、それらを組み合わせて行ってもよい。また、組み合わせて行う場合、工程順も特に限定されず、被処理面の凹凸状態に合わせて適宜設定すればよい。

[0203]

薄膜の厚みを所望の厚さになるように精度よく加工するには、例えば、CMP法を用いる。その場合、まず当該薄膜の上面の一部が露出するまで一定の加工速度で研磨する。その後、これよりも加工速度の遅い条件で当該薄膜が所望の厚さになるまで研磨を行うことで、高精度に加工することが可能となる。

[0204]

研磨の終了点を検出する方法としては、被処理面の表面に光を照射し、その反射光の変化を検出する光学的な方法、または加工装置が被処理面から受ける研磨抵抗の変化を検出する物理的な方法、被処理面に磁力線を当て、発生する渦電流による磁力線の変化を用いる方法などがある。

[0205]

当該薄膜の上面が露出した後、レーザ干渉計などを用いた光学的な方法により当該薄膜の厚さを監視しながら、遅い加工速度の条件で研磨処理を行なうことで、当該薄膜の厚さを高精度に制御することができる。なお、必要に応じて、当該薄膜が所望の厚さになるまで研磨処理を複数回行ってもよい。

[0206]

{基板101の準備}

基板101としては、少なくとも後の熱処理に耐えうる程度の耐熱性を有する基板を用いることが

できる。基板 101 として、絶縁性基板を用いる場合には、ガラス基板、石英基板、サファイア基板、セラミックス基板などが挙げられる。また、シリコンまたは炭化シリコンなどを材料とした単結晶半導体基板、多結晶半導体基板、シリコンゲルマニウム等の化合物半導体基板、SOI 基板などの半導体基板を用いることができる。

[0207]

特に、基板 101 として、上記半導体基板または上記絶縁性基板上に、トランジスタなどの半導体素子を含む半導体回路が形成された基板を用いることが好ましい。当該半導体回路は、例えば画素回路、ゲート線駆動回路（ゲートドライバ）、ソース線駆動回路（ソースドライバ）などを構成していることが好ましい。また、上記に加えて演算回路、記憶回路などが構成されていてもよい。

[0208]

本実施の形態では、少なくとも画素回路が構成された基板を、基板 101 として用いる。

[0209]

{絶縁層 105、プラグ 131、画素電極 111 の形成}

基板 101 上に絶縁層 105 となる絶縁膜を成膜する。

[0210]

{凹部 175 の形成}

続いて、絶縁層 105 に凹部 175 を形成する（図 4A）。凹部 175 の形成には、等方性のエッチング法を用いることができる。例えば、等方性のプラズマエッチング処理、またはウェットエッチング処理を用いることができる。特に、絶縁層 105 として有機材料を有する絶縁層を用いる場合、等方性のドライエッチング処理、プラズマ処理、等を用いることが好ましい。プラズマ処理として例えば、ガスとして酸素を用いた RF プラズマ処理を行うことができる。また、絶縁層 105 として無機材料を有する絶縁層を用いる場合、ウェットエッチング処理を用いることが好ましい。これにより、一部が画素電極 111 の下方に位置する凹部 175 を形成することができる。

[0211]

また、図 4A に示すように、絶縁層 105 上に絶縁層 106 を有し、絶縁層 106 上に画素電極 111 を形成する場合には例えば、絶縁層 105 として有機絶縁膜を用い、絶縁層 106 として無機絶縁膜を用いる構成とすることが好ましい。このような構成とすることで、等方性のドライエッチング処理を用い、かつ、無機絶縁膜よりも有機絶縁膜のエッチング速度が速いエッチング条件を用いることにより、一部が絶縁層 106 の下方に位置する凹部 175 を、絶縁層 105 に形成することができる。

[0212]

図 4B には、図 4A において破線で囲む領域の拡大図を示す。また、図 4C には、図 4B とは異なる形状を有する画素電極 111 の例を示す。

[0213]

画素電極 111 は、単層であってもよく、積層膜を用いてもよい。図 4C には、画素電極として積層膜を用いる場合の構成の一例を示す。図 4C に示す画素電極 111 は、導電層 111_1 と、導電層 111_1 上の導電層 111_2 と、導電層 111_2 上の導電層 111_3 と、の積層構造を有する。導電層 111_2 の端部は、導電層 111_1 および導電層 111_3 の端部よりも内側に位置する。また、導電層 111_2 の側面は、導電層 111_3 により覆われている。これにより、導電層 111_2 と有機層 112、あるいは導電層 111_2 と PS 層 155S が接しない

構成とすることができる。

[0214]

また、図4Cに示す構成とすることにより、以後の工程における導電層111—2の酸化などを抑制することができる。また、導電層111—3のエッチングにおいて、導電層111—2との選択比が低い場合でも、導電層111—2の後退を抑制し、表示装置において、優れた表示品位を実現することができる。

[0215]

ここで導電層111—3として例えば、透明導電層を用い、導電層111—2として反射性を有する導電層を用いることができる。

[0216]

{有機層112R、絶縁層118aの形成}

画素電極111R上、画素電極111G上、画素電極111B上、及び絶縁層105上に、第1の発光性の化合物を含む膜を成膜する(図4D)。

[0217]

上記第1の発光性の化合物を含む膜は、例えば、蒸着法、具体的には真空蒸着法により形成できる。また、上記膜は、転写法、印刷法、インクジェット法、又は塗布法等の方法で形成してもよい。

[0218]

このとき、凹部175内において、上記第1の発光性の化合物を含む膜に段切れが発生する。図4Dでは、絶縁層106の突出した部分において当該膜に段切れが発生する。この結果、画素電極111R上、画素電極111G上及び画素電極111B上及び絶縁層105上に有機層112Rfが形成される。

[0219]

続いて、有機層112Rf上、及び絶縁層105上に、絶縁膜118Aを成膜する。絶縁膜118Aは、スパッタリング法、CVD法、MBE法、PLD法、またはALD法などを適宜用いて成膜することができる。

[0220]

絶縁膜118Aは、有機層112Rの側面、画素電極111Rの側面、及び絶縁層106の側面を覆うように形成される。また絶縁膜118Aは凹部175内において、絶縁層106の下面を覆うように形成される。また絶縁膜118Aは凹部175内において、画素電極の下方にて絶縁層105を覆うように形成される。

[0221]

絶縁膜118Aとして例えば、金、銀、白金、マグネシウム、ニッケル、タングステン、クロム、モリブデン、鉄、コバルト、銅、パラジウム、チタン、アルミニウム、イットリウム、ジルコニウム、及びタンタルなどの金属材料、または該金属材料を含む合金材料を用いることができる。特に、アルミニウムまたは銀などの低融点材料を用いることが好ましい。絶縁膜118Aに紫外光を遮蔽することが可能な金属材料を用いることで、EL層に紫外光が照射されることを抑制でき、EL層の劣化を抑制できるため、好ましい。

[0222]

また、絶縁膜118Aには、In—Ga—Zn酸化物などの金属酸化物を用いることができる。絶縁膜118Aとして、例えば、スパッタリング法を用いて、In—Ga—Zn酸化物膜を形成する

ことができる。さらに、酸化インジウム、 In-Zn 酸化物、 In-Sn 酸化物、インジウムチタン酸化物（ In-Ti 酸化物）、インジウムスズ亜鉛酸化物（ In-Sn-Zn 酸化物）、インジウムチタン亜鉛酸化物（ In-Ti-Zn 酸化物）、インジウムガリウムスズ亜鉛酸化物（ In-Ga-Sn-Zn 酸化物）などを用いることができる。またはシリコンを含むインジウムスズ酸化物などを用いることもできる。

[0223]

なお、上記ガリウムに代えて元素M（Mは、アルミニウム、シリコン、ホウ素、イットリウム、銅、バナジウム、ベリリウム、チタン、鉄、ニッケル、ゲルマニウム、ジルコニウム、モリブデン、ランタン、セリウム、ネオジム、ハフニウム、タンタル、タングステン、またはマグネシウムから選ばれた一種または複数種）を用いてもよい。特に、Mは、ガリウム、アルミニウム、またはイットリウムから選ばれた一種または複数種とすることが好ましい。

[0224]

また、絶縁膜118Aとして、保護層121に用いることができる各種無機絶縁膜を用いることができる。また、絶縁膜118Aとして、絶縁層125に用いることができる各種無機絶縁膜を用いることができる。特に、酸化絶縁膜は、窒化絶縁膜に比べてEL層との密着性が高く好ましい。例えば、絶縁膜118Aには、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、酸化シリコンなどの無機絶縁材料を用いることができる。絶縁膜118Aとして、例えば、ALD法を用いて、酸化アルミニウム膜を形成することができる。ALD法を用いることで、下地（特にEL層など）へのダメージを低減できるため好ましい。

[0225]

本実施の形態では、絶縁膜118Aとして、ALD法によって、酸化アルミニウムを成膜する。絶縁膜118Aは、絶縁層105に設けられる凹部175の底面および側面に被覆性良く成膜される必要がある。ALD法による成膜は、凹部175の底面および側面において、原子の層を一層ずつ堆積させることができるため、絶縁膜118Aを凹部175に対して良好な被覆性で成膜することができる。また、成膜ダメージを小さくすることができる。

[0226]

例えば、ALD法によって酸化アルミニウムを成膜する場合には、溶媒とアルミニウム前駆体化合物を含む液体（トリメチルアルミニウム（TMA、 $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ ）など）を気化させた原料ガスと、酸化剤として H_2O の2種類のガスを用いる。また、他の材料としては、トリス（ジメチルアミド）アルミニウム、トリイソブチルアルミニウム、アルミニウムトリス（2，2，6，6-テトラメチル-3，5-ヘプタンジオナート）などがある。

[0227]

なお、絶縁膜118Aは、ALD法よりも成膜速度が速いスパッタリング法、CVD法、又はPECVD法を用いて成膜してもよい。これにより、信頼性が高い表示装置を生産性高く作製できる。

[0228]

また、絶縁膜118Aを2層以上の積層構造としてもよい。

[0229]

例えば、下層にALD法を用いて形成した無機絶縁膜（例えば、酸化アルミニウム膜）を用い、上層にスパッタリング法を用いて形成した無機膜（例えば、 In-Ga-Zn 酸化物膜、アルミニウム膜、またはタングステン膜）を用いた2層構成とすることができる。

[0230]

続いて、絶縁膜118A上に、レジストマスク181を形成する(図4E)。このとき、レジストマスク181は、有機層112Rおよび凹部175の一部と重なる部分に形成される。

[0231]

図4Eでは、レジストマスク181の端部は基板101の表面に対して垂直な形状を有しているが、レジストマスク181の端部の形状はこれに限られない。レジストマスク181の端部はテーパ形状を有してもよいし、逆テーパ形状を有してもよい。

[0232]

続いて、レジストマスク181に覆われない絶縁膜118Aを除去することで、絶縁層118aを形成することができる。絶縁膜118Aの一部の除去には、ドライエッチング法またはウェットエッチング法を用いることができる。

[0233]

その後、レジストマスク181を除去する。

[0234]

次に、絶縁層118aをハードマスクとして用いたエッチング処理により、有機層112Rfの一部を除去し、有機層112Rを形成する(図5A)。これにより、画素電極111R上に、有機層112R及び絶縁層118aの積層構造が残存する。

[0235]

図5Aでは、レジストマスク181と重ならない部分の有機層112Rfが除去されている。なお、当該部分の有機層112Rfは有機層112Rと分断されているため、当該部分の有機層112Rfは残存しても構わない。また、絶縁層105に接し、凹部175上に形成される有機層112Rfは残存しても構わない。

[0236]

以上より、絶縁層106及び絶縁層118aによって、有機層112Rおよび画素電極111Rを封止することができる。

[0237]

{有機層112G、絶縁層118bの形成}

画素電極111G上、画素電極111B上、絶縁層105上、及び絶縁層118a上に、第2の発光性の化合物を含む膜を成膜する。

[0238]

上記第2の発光性の化合物を含む膜は、例えば、蒸着法、具体的には真空蒸着法により形成できる。また、上記膜は、転写法、印刷法、インクジェット法、又は塗布法等の方法で形成してもよい。

[0239]

このとき、凹部175内において、上記第2の発光性の化合物を含む膜に段切れが発生する。この結果、画素電極111G上、画素電極111B上、絶縁層105上及び絶縁層118a上に有機層112Gfが形成される。

[0240]

続いて、有機層112Gf上、及び絶縁層105上に、絶縁膜118Bを成膜する(図5B)。絶縁膜118Bは、スパッタリング法、CVD法、MBE法、PLD法、またはALD法などを適宜用いて成膜することができる。絶縁膜118Bは、絶縁膜118Aの記載を参照することができる。

[0241]

続いて、絶縁膜118B上に、レジストマスク182を形成する(図5C)。

[0242]

続いて、レジストマスク182に覆われない絶縁膜118Bを除去することで、絶縁層118bを形成することができる。絶縁膜118Bの一部の除去には、ドライエッチング法またはウェットエッチング法を用いることができる。

[0243]

その後、レジストマスク182を除去する。

[0244]

次に、絶縁層118bをハードマスクとして用いたエッチング処理により、有機層112Gfの一部を除去し、有機層112Gを形成する(図5D)。これにより、画素電極111G上に、有機層112G及び絶縁層118bの積層構造が残存する。

[0245]

以上より、絶縁層106及び絶縁層118bによって、有機層112Gおよび画素電極111Gを封止することができる。

[0246]

{有機層112B、絶縁層118c、PS層155S、絶縁層118dの形成}

有機層112R及び有機層112Gの形成工程を参照し、画素電極111B上に、有機層112Bと絶縁層118cの積層構造を形成する(図6A)。また、図示しないが、画素電極111S上に、PS層155Sと絶縁層118dの積層構造を形成する。

[0247]

絶縁層106及び絶縁層118cによって、有機層112Bおよび画素電極111Bを封止することができる。また、絶縁層106及び絶縁層118dによって、PS層155Sおよび画素電極111Sを封止することができる。

[0248]

図6Bは、図6Aにおいて破線で囲んだ領域の拡大図を示す。また、図6Cは、図6Bとは異なる構成の一例を示す。

[0249]

図6Cに示すように、有機層112は画素電極111の上面に接する領域の厚さに比べて、画素電極111の側面に接する領域、及び凹部175の側面に接する領域において、厚さが薄くなる場合がある。同様に、PS層155Sにおいても、画素電極111の上面に接する領域の厚さに比べて、画素電極111の側面に接する領域、及び凹部175の側面に接する領域において、厚さが薄くなる場合がある。また、絶縁層105には、有機層112Gの形成工程等において、段差が形成される場合がある。具体的には例えば図6Cに示すように、絶縁層118aの端部近傍において、段差が形成される。

[0250]

{絶縁層125、樹脂層126、共通層114、共通電極113の形成}

続いて、絶縁層105上、絶縁層118a、絶縁層118b、および絶縁層118c上に、絶縁膜125Aを形成し、絶縁膜125A上に樹脂膜126Aを形成する(図7A)。絶縁膜125Aは、絶縁層125となる膜であり、樹脂膜126Aは、樹脂層126となる膜である。なお、絶縁層1

18として2層積層構造を用いる場合には、絶縁膜125A及び樹脂膜126Aの形成を行う前に上層を除去してもよい。

[0251]

絶縁膜118A等に用いることができる膜を、絶縁膜125Aとして用いることができる。また、絶縁膜125Aを設けなくてもよい。

[0252]

樹脂膜126Aは、有機層112R、有機層112G、有機層112B、及びPS層155Sの耐熱温度よりも低い温度で形成する。当該絶縁膜を形成する際の基板温度としては、60℃以上、80℃以上、100℃以上、又は120℃以上、且つ、200℃以下、180℃以下、160℃以下、150℃以下、又は140℃以下であることが好ましい。

[0253]

また、樹脂膜126Aは、前述の湿式の成膜方法を用いて形成することが好ましい。当該絶縁膜は、例えば、スピコートにより、感光性材料を用いて形成することが好ましく、より具体的には、アクリル樹脂を含む感光性の樹脂組成物を用いて形成することが好ましい。

[0254]

樹脂膜126Aは、例えば、重合体、酸発生剤、及び溶媒を有する樹脂組成物を用いて形成することが好ましい。重合体は、1種又は複数種の単量体を用いて形成され、1種又は複数種の構造単位（構成単位ともいう）が規則的又は不規則に繰り返された構造を有する。酸発生剤としては、光の照射により酸を発生する化合物、及び加熱により酸を発生する化合物の一方又は双方を用いることができる。樹脂組成物は、さらに、感光剤、増感剤、触媒、接着剤、界面活性剤、及び酸化防止剤のうち一つ又は複数を含んでもよい。

[0255]

また、樹脂膜126Aの形成後に加熱処理（プリバークともいう）を行うことが好ましい。当該加熱処理は、有機層112R、有機層112G、及び有機層112Bの耐熱温度よりも低い温度で行う。加熱処理の際の基板温度としては、50℃以上200℃以下が好ましく、60℃以上150℃以下がより好ましく、70℃以上120℃以下がさらに好ましい。これにより、樹脂膜126A中に含まれる溶媒を除去できる。

[0256]

続いて、露光を行って、樹脂膜126Aの一部に、可視光線又は紫外線を感光させる。ここで、当該絶縁膜にアクリル樹脂を含むポジ型の感光性の樹脂組成物を用いる場合、後の工程で樹脂層126を形成しない領域に可視光線又は紫外線を照射する。樹脂層126は、画素電極111R、画素電極111G、及び画素電極111Bのいずれか2つに挟まれる領域に形成される。このため、画素電極111上に、可視光線又は紫外線を照射する。なお、上記樹脂膜にネガ型の感光性材料を用いる場合、樹脂層126が形成される領域に可視光線又は紫外線を照射する。

[0257]

樹脂膜126Aへの露光領域によって、後に形成する樹脂層126の幅を制御できる。本実施の形態では、樹脂層126が画素電極111の上面と重なる領域を有するように加工する。

[0258]

露光に用いる光は、i線（波長365nm）を含むことが好ましい。また、露光に用いる光は、g線（波長436nm）、及びh線（波長405nm）の少なくとも一方を含んでもよい。

[0259]

続いて、現像を行って、樹脂膜126Aの露光させた領域を除去し、樹脂層126を形成する。樹脂層126は、画素電極111R、画素電極111G、及び画素電極111Bのいずれか2つに挟まれる領域に形成される。ここで、上記絶縁膜にアクリル樹脂を用いる場合、現像液として、アルカリ性の溶液を用いることが好ましく、例えば、水酸化テトラメチルアンモニウム（TMAH）水溶液を用いることができる。

[0260]

続いて、現像時の残渣（いわゆるスカム）を除去してもよい。例えば、酸素プラズマを用いたアッシングを行うことで、残渣を除去できる。

[0261]

なお、樹脂層126の表面の高さを調整するために、エッチングを行ってもよい。樹脂層126は、例えば、酸素プラズマを用いたアッシングにより加工してもよい。また、樹脂層126となる樹脂膜として非感光性の材料を用いる場合においても、例えば当該アッシングにより、当該絶縁膜の表面の高さを調整できる。

[0262]

続いて、樹脂層126をマスクとしてエッチング処理を行って、絶縁膜125Aの一部、絶縁層118aの一部、絶縁層118bの一部、および絶縁層118cの一部を除去する。これにより、絶縁膜125A及び絶縁層118aに開口部が形成され、有機層112Rの上面が露出する。また、絶縁膜125A及び絶縁層118bに開口部が形成され、有機層112Gの上面が露出する。また、絶縁膜125A及び絶縁層118cに開口部が形成され、有機層112Bの上面が露出する（図7B）。また図示しないが、絶縁膜125A及び絶縁層118dに開口部が形成され、PS層155Sの上面が露出する。別言すると、樹脂層126、絶縁層125および絶縁層118aに、有機層112Rに達する開口部が設けられる。また、樹脂層126、絶縁層125および絶縁層118bに、有機層112Gに達する開口部が設けられる。また、樹脂層126、絶縁層125および絶縁層118cに、有機層112Bに達する開口部が設けられる。また、樹脂層126、絶縁層125および絶縁層118dに、PS層155Sに達する開口部が設けられる。

[0263]

上記エッチング処理はウェットエッチングで行う。ウェットエッチング法を用いることで、ドライエッチング法を用いる場合に比べて、有機層112R、有機層112G、及び有機層112Bに加わるダメージを低減することができる。ウェットエッチング処理に用いる薬液は、アルカリ性であってもよく、酸性であってもよい。例えばTMAH等のアルカリ性溶液を用いたウェットエッチングを行うことができる。または、希フッ酸、シュウ酸、リン酸、酢酸、硝酸、またはこれらの混合液体などの酸性溶液を用いたウェットエッチングを用いてもよい。また、酸性溶液を用いたウェットエッチングの場合、水、リン酸、希フッ酸、及び硝酸を含む混酸系薬液を用いてもよい。

[0264]

また、有機層112R、有機層112G、有機層112B、及びPS層155Sの一部を露出した後、さらに加熱処理を行ってもよい。当該加熱処理により、有機層112及びPS層155Sに含まれる水、並びに有機層112表面及びPS層155S表面に吸着する水等を除去できる。例えば、不活性ガス雰囲気又は減圧雰囲気下における加熱処理を行うことができる。加熱処理は、基板温度として50℃以上200℃以下、好ましくは60℃以上150℃以下、さらに好ましくは70℃以

上120℃以下の温度で行うことができる。減圧雰囲気とすることで、より低温で脱水が可能であるため好ましい。ただし、上記の加熱処理は、有機層112及びPS層155Sの耐熱温度も考慮して温度範囲を適宜設定することが好ましい。なお、有機層112及びPS層155Sの耐熱温度を考慮した場合、上記温度範囲のなかでも特に70℃以上120℃以下の温度が好適である。

[0265]

続いて、有機層112R上、有機層112G上、有機層112B上、及びPS層155S上及び樹脂層126上に共通層114を形成する。共通層114は、蒸着法（真空蒸着法を含む）、転写法、印刷法、インクジェット法、又は塗布法等の方法で形成することができる。

[0266]

続いて、共通層114上に共通電極113を形成する。共通電極113は、スパッタリング法、又は真空蒸着法などを用いて形成することができる。又は、蒸着法で形成した膜と、スパッタリング法で形成した膜を積層させて、共通電極113を形成してもよい。

[0267]

共通電極113は、樹脂層126および絶縁層118aに形成された開口部を介して、有機層112Rと重畳するように形成される。また、共通電極113は、樹脂層126および絶縁層118bに形成された開口部を介して、有機層112Gと重畳するように形成される。また、共通電極113は、樹脂層126および絶縁層118cに形成された開口部を介して、有機層112Bと重畳するように形成される。また、共通電極113は、樹脂層126および絶縁層118dに形成された開口部を介して、PS層155Sと重畳するように形成される。

[0268]

以上により、発光素子110R、発光素子110G、発光素子110B、及び受光素子110Sを形成することができる。

[0269]

続いて、共通電極113上に保護層121を形成する（図7C）。保護層121は、真空蒸着法、スパッタリング法、CVD法、又はALD法等の方法で形成できる。

[0270]

以上により、図2A等に応示構成を有する表示装置100Aを作製することができる。

[0271]

上記作製方法例によれば、有機層112及びPS層155Sは、絶縁層106と絶縁層118、あるいは絶縁層105と絶縁層118とで封止されることで、レジストマスクを除去する際に使用する薬液等に曝されない。よって、有機層112及びPS層155Sの成膜にメタルマスクを用いることなく、発光素子110を形成することができる。

[0272]

上記作製方法例によれば、画素電極111を形成した後の工程で行われるエッチング処理の全てにウェットエッチング法を用いることができるため、表示装置100Aの製造コストを抑制することが可能となる。

[0273]

上記作製方法例によれば、有機層112の厚さによって、画素電極111と共通電極113との間の光学距離の差を精密に制御することができるため、各々の発光素子における色度のずれなどが生じにくく、色再現性に優れ、極めて表示品位の高い表示装置を簡便に作製することができる。

[0274]

また、隣り合う島状の有機層112、隣り合う有機層112とPS層155S、などの間に、端部にテーパ形状を有する樹脂層126を設けることで、共通電極113の形成時に段切れが生じることを抑制し、また、共通電極113に局所的に膜厚が薄い箇所が形成されることを抑制することができる。これにより、共通層114及び共通電極113において、分断された箇所に起因する接続不良、及び局所的に膜厚が薄い箇所に起因する電気抵抗の上昇が発生することを抑制できる。したがって、本発明の一態様の表示装置は、高精細化、高い表示品位、及び高い受光感度の実現が可能となる。

[0275]

なお、本発明の一態様の表示装置、又は表示装置の作製方法において、表示装置の表示部の画面率（アスペクト比）については、特に限定されない。例えば、表示装置としては、1：1（正方形）、3：4、16：9、16：10など様々な画面比率に対応することができる。

[0276]

[画素のレイアウト]

以下では、主に、図1とは異なる画素レイアウトについて説明する。副画素の配列に特に限定はなく、様々な方法を適用することができる。副画素の配列としては、例えば、ストライプ配列、Sストライプ配列、マトリクス配列、デルタ配列、ベイヤー配列、ペンタイル配列などが挙げられる。

[0277]

図8及び図9に示す副画素の上面形状は、発光領域の上面形状に相当する。

[0278]

なお、副画素の上面形状としては、例えば、三角形、四角形（長方形、正方形を含む）、五角形などの多角形、これら多角形の角が丸い形状、楕円形、または円形などが挙げられる。

[0279]

また、副画素を構成する回路レイアウトは、図に示す副画素の範囲に限定されず、その外側に配置されていてもよい。

[0280]

図8Aに示す画素150には、Sストライプ配列が適用されている。図8Aに示す画素150は、副画素130a、副画素130b、副画素130cの、3つの副画素から構成される。副画素130aは例えば、発光素子110Rを有する副画素とすることができる。また、副画素130bは例えば、発光素子110Gを有する副画素とすることができる。また、副画素130cは例えば、発光素子110Bを有する副画素とすることができる。

[0281]

図8Bに示す画素150は、角が丸い略台形の上面形状を有する副画素130aと、角が丸い略三角形の上面形状を有する副画素130bと、角が丸い略四角形または略六角形の上面形状を有する副画素130cと、を有する。また、副画素130aは、副画素130bよりも発光面積が広い。このように、各副画素の形状及びサイズはそれぞれ独立に決定することができる。例えば、信頼性の高い発光素子を有する副画素ほど、サイズを小さくすることができる。

[0282]

図8Cに示す画素124a、画素124bには、ペンタイル配列が適用されている。図8Cでは、副画素130a及び副画素130bを有する画素124aと、副画素130b及び副画素130c

を有する画素 1 2 4 b と、が交互に配置されている例を示す。

[0 2 8 3]

図 8 D 乃至図 8 F に示す画素 1 2 4 a、画素 1 2 4 b は、デルタ配列が適用されている。画素 1 2 4 a は上の行（1 行目）に、2 つの副画素（副画素 1 3 0 a、副画素 1 3 0 b）を有し、下の行（2 行目）に、1 つの副画素（副画素 1 3 0 c）を有する。画素 1 2 4 b は上の行（1 行目）に、1 つの副画素（副画素 1 3 0 c）を有し、下の行（2 行目）に、2 つの副画素（副画素 1 3 0 a、副画素 1 3 0 b）を有する。

[0 2 8 4]

図 8 D は、各副画素が、角が丸い略四角形の上面形状を有する例であり、図 8 E は、各副画素が、円形の上面形状を有する例であり、図 8 F は、各副画素が、角が丸い略六角形の上面形状を有する例である。

[0 2 8 5]

図 8 F では、各副画素が、最密に配列した六角形の領域の内側に配置されている。各副画素は、その 1 つの副画素に着目したとき、6 つの副画素に囲まれるように、配置されている。また、同じ色の光を呈する副画素が隣り合わないよう設けられている。例えば、副画素 1 3 0 a に着目したとき、これを囲むように 3 つの副画素 1 3 0 b と 3 つの副画素 1 3 0 c が、交互に配置されるように、それぞれの副画素が設けられている。

[0 2 8 6]

図 8 G は、各色の副画素がジグザグに配置されている例である。具体的には、上面視において、列方向に並ぶ 2 つの副画素（例えば、副画素 1 3 0 a と副画素 1 3 0 b、または、副画素 1 3 0 b と副画素 1 3 0 c）の上辺の位置がずれている。

[0 2 8 7]

図 8 A 乃至図 8 G に示す各画素において、例えば、副画素 1 3 0 a を赤色の光を呈する副画素とし、副画素 1 3 0 b を緑色の光を呈する副画素とし、副画素 1 3 0 c を青色の光を呈する副画素とすることが好ましい。なお、副画素の構成はこれに限定されず、副画素が呈する色とその並び順は適宜決定することができる。例えば、副画素 1 3 0 b を赤色の光を呈する副画素とし、副画素 1 3 0 a を緑色の光を呈する副画素としてもよい。

[0 2 8 8]

フォトリソグラフィ法では、加工するパターンが微細になるほど、光の回折の影響を無視できなくなるため、露光によりフォトマスクのパターンを転写する際に忠実性が損なわれ、レジストマスクを所望の形状に加工することが困難になる。そのため、フォトマスクのパターンが矩形であっても、角が丸まったパターンが形成されやすい。したがって、副画素の上面形状が、多角形の角が丸い形状、楕円形、または円形などになることがある。

[0 2 8 9]

さらに、本発明の一態様の表示装置の作製方法では、レジストマスクを用いて E L 層を島状に加工する。E L 層上に形成したレジスト膜は、E L 層の耐熱温度よりも低い温度で硬化する必要がある。そのため、E L 層の材料の耐熱温度及びレジスト材料の硬化温度によっては、レジスト膜の硬化が不十分になる場合がある。硬化が不十分なレジスト膜は、加工時に所望の形状から離れた形状をとることがある。その結果、E L 層の上面形状が、多角形の角が丸い形状、楕円形、または円形などになることがある。例えば、上面形状が正方形のレジストマスクを形成しようとした場合に、円形

の上面形状のレジストマスクが形成され、EL層の上面形状が円形になることがある。

[0290]

なお、EL層の上面形状を所望の形状とするために、設計パターンと、転写パターンとが、一致するように、あらかじめマスクパターンを補正する技術（OPC（Optical Proximity Correction：光近接効果補正）技術）を用いてもよい。具体的には、OPC技術では、マスクパターン上の図形コーナー部などに補正用のパターンを追加する。

[0291]

図9A乃至図9Iに示すように、画素は副画素を4種類有する構成とすることができる。画素は例えば、副画素130a、副画素130b、副画素130c、副画素130dの、4つの副画素から構成される。副画素130aは例えば、発光素子110Rを有する副画素とすることができる。また、副画素130bは例えば、発光素子110Gを有する副画素とすることができる。また、副画素130cは例えば、発光素子110Bを有する副画素とすることができる。また、副画素130dは例えば、受光素子110Sを有する副画素とすることができる。

[0292]

図9A乃至図9Cに示す画素150は、ストライプ配列が適用されている。

[0293]

図9Aは、各副画素が、長方形の上面形状を有する例であり、図9Bは、各副画素が、2つの半円と長方形をつなげた上面形状を有する例であり、図9Cは、各副画素が、楕円形の上面形状を有する例である。

[0294]

図9D乃至図9Fに示す画素150は、マトリクス配列が適用されている。

[0295]

図9Dは、各副画素が、正方形の上面形状を有する例であり、図9Eは、各副画素が、角が丸い略正方形の上面形状を有する例であり、図9Fは、各副画素が、円形の上面形状を有する例である。

[0296]

図9G及び図9Hでは、1つの画素150が、2行3列で構成されている例を示す。

[0297]

図9Gに示す画素150は、上の行（1行目）に、3つの副画素（副画素130a、副画素130b、副画素130c）を有し、下の行（2行目）に、1つの副画素（副画素130d）を有する。言い換えると、画素150は、左の列（1列目）に、副画素130aを有し、中央の列（2列目）に副画素130bを有し、右の列（3列目）に副画素130cを有し、さらに、この3列にわたって、副画素130dを有する。

[0298]

図9Hに示す画素150は、上の行（1行目）に、3つの副画素（副画素130a、副画素130b、副画素130c）を有し、下の行（2行目）に、3つの副画素130dを有する。言い換えると、画素150は、左の列（1列目）に、副画素130a及び副画素130dを有し、中央の列（2列目）に副画素130b及び副画素130dを有し、右の列（3列目）に副画素130c及び副画素130dを有する。図9Hに示すように、上の行と下の行との副画素の配置を揃える構成とすることで、製造プロセスで生じるゴミなどを効率よく除去することが可能となる。したがって、表示品位の高い表示装置を提供することができる。

[0299]

図9 Iでは、1つの画素150が、3行2列で構成されている例を示す。

[0300]

図9 Iに示す画素150は、上の行（1行目）に、副画素130 aを有し、中央の行（2行目）に、副画素130 bを有し、1行目から2行目にわたって副画素130 cを有し、下の行（3行目）に、1つの副画素（副画素130 d）を有する。言い換えると、画素150は、左の列（1列目）に、副画素130 a、副画素130 bを有し、右の列（2列目）に副画素130 cを有し、さらに、この2列にわたって、副画素130 dを有する。

[0301]

図9 A乃至図9 Iに示す画素150は、副画素130 a、副画素130 b、副画素130 c、副画素130 dの、4つの副画素から構成される。

[0302]

副画素130 a、副画素130 b、副画素130 c、をそれぞれ、異なる色の光を発する発光素子を有する構成とし、副画素130 dを、受光素子を有する構成とすることができる。

[0303]

図9 A乃至図9 Iに示す各画素150において、例えば、副画素130 aを赤色の光を呈する副画素とし、副画素130 bを緑色の光を呈する副画素とし、副画素130 cを青色の光を呈する副画素とし、副画素130 dを、可視光及び赤外光の一方または双方を検出する機能を有する副画素とすることが好ましい。このような構成とする場合、図9 G及び図9 Hに示す画素150では、R、G、Bの副画素のレイアウトがストライプ配列となるため、表示品位を高めることができる。また、図9 Iに示す画素150では、R、G、Bの副画素のレイアウトがいわゆるSストライプ配列となるため、表示品位を高めることができる。

[0304]

または、副画素130 a、副画素130 b、副画素130 c、副画素130 dをそれぞれ、異なる色の光を発する発光素子を有する構成としてもよい。例えば、副画素130 a、副画素130 b、副画素130 c、副画素130 dをそれぞれ、異なる色の光を発する発光素子とする場合には、R、G、B、白色（W）の4色の副画素、R、G、B、Yの4色の副画素、または、R、G、B、赤外光（IR）の副画素などが挙げられる。

[0305]

図9 A乃至図9 Iに示す各画素150において、例えば、副画素130 aを赤色の光を呈する副画素とし、副画素130 bを緑色の光を呈する副画素とし、副画素130 cを青色の光を呈する副画素とし、副画素130 dを白色の光を呈する副画素、黄色の光を呈する副画素、または近赤外光を呈する副画素のいずれかとすることが好ましい。このような構成とする場合、図9 G及び図9 Hに示す画素150では、R、G、Bの副画素のレイアウトがストライプ配列となるため、表示品位を高めることができる。また、図9 Iに示す画素150では、R、G、Bの副画素のレイアウトがいわゆるSストライプ配列となるため、表示品位を高めることができる。

[0306]

以上のように、本発明の一態様の表示装置は、発光素子を有する副画素からなる構成の画素について、様々なレイアウトを適用することができる。

[0307]

本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせることができる。

[0308]

(実施の形態2)

本実施の形態では、先の実施の形態で説明した表示装置（表示パネル）の他の構成例について説明する。以下で例示する表示装置（表示パネル）は、上記実施の形態1の表示装置100A等に適用することができる。以下で例示する表示装置（表示パネル）は、トランジスタを有する。

[0309]

本実施の形態の表示装置は、高精細な表示装置とすることができる。例えば、本発明の一態様の表示装置は、腕時計型、及び、ブレスレット型などの情報端末機（ウェアラブル機器）の表示部、並びに、ヘッドマウントディスプレイなどのVR向け機器、及び、メガネ型のAR向け機器などの頭部に装着可能なウェアラブル機器の表示部に用いることができる。

[0310]

[表示モジュール]

図10Aに、表示モジュール280の斜視図を示す。表示モジュール280は、表示装置200Aと、FPC290と、を有する。なお、表示モジュール280が有する表示パネルは表示装置200Aに限られず、後述する表示装置200B乃至表示装置200Fのいずれかであってもよい。

[0311]

表示モジュール280は、基板291及び基板292を有する。表示モジュール280は、表示部281を有する。表示部281は、画像を表示する領域である。

[0312]

図10Bに、基板291側の構成を模式的に示した斜視図を示している。基板291上には、回路部282と、回路部282上の画素回路部283と、画素回路部283上の画素部284と、が積層されている。また、基板291上の画素部284と重ならない部分に、FPC290と接続するための端子部285が設けられている。端子部285と回路部282とは、複数の配線により構成される配線部286により電氣的に接続されている。

[0313]

画素部284は、周期的に配列した複数の画素284aを有する。図10Bの右側に、1つの画素284aの拡大図を示している。画素284aは、赤色の光を発する発光素子110R、緑色の光を発する発光素子110G、青色の光を発する発光素子110B、及び受光素子110Sを有する。

[0314]

画素回路部283は、周期的に配列した複数の画素回路283aを有する。1つの画素回路283aは、1つの画素284aが有する発光素子及び受光素子の発光を制御する回路である。1つの画素回路283aには、1つの発光素子（受光素子）の発光を制御する回路が4つ設けられる構成としてもよい。例えば、画素回路283aは、1つの発光素子につき、1つの選択トランジスタと、1つの電流制御用トランジスタ（駆動トランジスタ）と、容量素子と、を少なくとも有する構成とすることができる。このとき、選択トランジスタのゲートにはゲート信号が、ソースにはソース信号が、それぞれ入力される。これにより、アクティブマトリクス型の表示パネルが実現されている。

[0315]

回路部282は、画素回路部283の各画素回路283aを駆動する回路を有する。例えば、ゲート線駆動回路、及び、ソース線駆動回路の一方または双方を有することが好ましい。このほか、演

算回路、メモリ回路、及び電源回路等の少なくとも一つを有していてもよい。また、回路部282に設けられるトランジスタが画素回路283aの一部を構成してもよい。すなわち、画素回路283aが、画素回路部283が有するトランジスタと、回路部282が有するトランジスタと、により構成されていてもよい。

[0316]

FPC290は、外部から回路部282にビデオ信号及び電源電位等を供給するための配線として機能する。また、FPC290上にICが実装されていてもよい。

[0317]

表示モジュール280は、画素部284の下側に画素回路部283及び回路部282の一方または双方が積層された構成とすることができるため、表示部281の開口率（有効表示面積比）を極めて高くすることができる。例えば表示部281の開口率は、40%以上100%未満、好ましくは50%以上95%以下、より好ましくは60%以上95%以下とすることができる。また、画素284aを極めて高密度に配置することが可能で、表示部281の精細度を極めて高くすることができる。例えば、表示部281には、2000ppi以上、好ましくは3000ppi以上、より好ましくは5000ppi以上、さらに好ましくは6000ppi以上であって、20000ppi以下、または30000ppi以下の精細度で、画素284aが配置されることが好ましい。

[0318]

このような表示モジュール280は、極めて高精細であることから、ヘッドマウントディスプレイなどのVR向け機器、またはメガネ型のAR向け機器に好適に用いることができる。例えば、レンズを通して表示モジュール280の表示部を視認する構成の場合であっても、表示モジュール280は極めて高精細な表示部281を有するためにレンズで表示部を拡大しても画素が視認されず、没入感の高い表示を行うことができる。また、表示モジュール280はこれに限られず、比較的小型の表示部を有する電子機器に好適に用いることができる。例えば腕時計などの装着型の電子機器の表示部に好適に用いることができる。

[0319]

[表示装置200A]

図11に示す表示装置200Aは、基板301、発光素子110R、発光素子110G、発光素子110B（図示しない）、受光素子110S、容量240、及び、トランジスタ310を有する。

[0320]

基板301は、図10A及び図10Bにおける基板291に相当する。

[0321]

トランジスタ310は、基板301にチャネル形成領域を有するトランジスタである。基板301としては、例えば単結晶シリコン基板などの半導体基板を用いることができる。トランジスタ310は、基板301の一部、導電層311、低抵抗領域312、絶縁層313、及び、絶縁層314を有する。導電層311は、ゲート電極として機能する。絶縁層313は、基板301と導電層311の間に位置し、ゲート絶縁層として機能する。低抵抗領域312は、基板301に不純物がドーピングされた領域であり、ソースまたはドレインの一方として機能する。絶縁層314は、導電層311の側面を覆って設けられる。

[0322]

また、基板301に埋め込まれるように、隣接する2つのトランジスタ310の間に素子分離層3

15が設けられている。

[0323]

また、トランジスタ310を覆って絶縁層261が設けられ、絶縁層261上に容量240が設けられている。

[0324]

容量240は、導電層241と、導電層245と、これらの間に位置する絶縁層243を有する。導電層241は、容量240の一方の電極として機能し、導電層245は、容量240の他方の電極として機能し、絶縁層243は、容量240の誘電体として機能する。

[0325]

導電層241は絶縁層261上に設けられ、絶縁層254に埋め込まれている。導電層241は、絶縁層261に埋め込まれたプラグ271によってトランジスタ310のソースまたはドレインの一方と電氣的に接続されている。絶縁層243は導電層241を覆って設けられる。導電層245は、絶縁層243を介して導電層241と重なる領域に設けられている。

[0326]

容量240を覆って、絶縁層255が設けられている。

[0327]

絶縁層255には、無機絶縁膜を好適に用いることができる。例えば、絶縁層255として、酸化シリコン膜、または窒化シリコン膜などを用いることができる。本実施の形態では、絶縁層255の一部がエッチングされ、凹部が形成されている例を示す。

[0328]

なお、絶縁層255は、第1の絶縁層と、第1の絶縁層上の第2の絶縁層と、第2の絶縁層上の第3の絶縁層の、3層の積層構造を有してもよい。第1の絶縁層、第2の絶縁層、及び第3の絶縁層には、それぞれ無機絶縁膜を好適に用いることができる。例えば、第1の絶縁層及び第3の絶縁層に酸化シリコン膜を用い、第2の絶縁層に窒化シリコン膜を用いることが好ましい。これにより、第2の絶縁層は、エッチング保護膜として機能させることができる。

[0329]

絶縁層255は、図2A等における絶縁層105に相当する。また、絶縁層255が積層構造を有する場合、絶縁層255が有する複数の層の一部は、図2A等における絶縁層105に相当する。

[0330]

絶縁層255上に発光素子110R、発光素子110G、及び、受光素子110Sが設けられている。発光素子110R、発光素子110G、及び、受光素子110Sの構成は、実施の形態1を援用できる。発光素子110Rは例えば、赤色の光Rを発する発光素子である。また、発光素子110Gは例えば、緑色の光Gを発する発光素子である。受光素子110Sは例えば、光Lを検出する機能を有する発光素子である。

[0331]

表示装置200Aは、発光色ごとに、発光素子を作り分けているため、低輝度での発光と高輝度での発光で色度の変化が小さい。また、有機層112R、有機層112G、有機層112Bがそれぞれ離隔しているため、高精細な表示パネルであっても、隣接する副画素間におけるクロストークの発生を抑制することができる。したがって、高精細であり、かつ、表示品位の高い表示パネルを実現することができる。

[0332]

隣り合う発光素子の間の領域には、絶縁層118、及び樹脂層126が設けられる。

[0333]

発光素子の画素電極111R、画素電極111G、及び、画素電極111Sは、絶縁層255に埋め込まれたプラグ256、絶縁層254に埋め込まれた導電層241、及び、絶縁層261に埋め込まれたプラグ271によってトランジスタ310のソースまたはドレインの一方と電氣的に接続されている。絶縁層255の上面の高さと、プラグ256の上面の高さは、一致または概略一致している。プラグには各種導電材料を用いることができる。

[0334]

また、発光素子110R、発光素子110G、及び受光素子110S上には保護層121が設けられている。保護層121上には、接着層171によって基板170が貼り合わされている。接着層171として例えば、樹脂層を用いることができる。接着層171等に用いることができる樹脂層として例えば、紫外線硬化型等の光硬化型接着剤、反応硬化型接着剤、熱硬化型接着剤、嫌気型接着剤などの各種硬化型接着剤が挙げられる。これら接着剤としてはエポキシ樹脂、アクリル樹脂、シリコン樹脂、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂、イミド樹脂、PVC（ポリビニルクロライド）樹脂、PVB（ポリビニルブチラル）樹脂、EVA（エチレンビニルアセテート）樹脂等が挙げられる。特に、エポキシ樹脂等の透湿性が低い材料が好ましい。また、二液混合型の樹脂を用いてもよい。また、接着シート等を用いてもよい。

[0335]

隣接する2つの画素電極111間には、画素電極111の上面端部を覆う絶縁層が設けられていない。そのため、隣り合う発光素子の間隔を極めて狭くすることができる。したがって、高精細、または、高解像度の表示装置とすることができる。

[0336]

[表示装置200B]

図12に示す表示装置200Bは、それぞれ半導体基板にチャンネルが形成されるトランジスタ310Aと、トランジスタ310Bとが積層された構成を有する。なお、以降の表示パネルの説明では、先に説明した表示パネルと同様の部分については説明を省略することがある。

[0337]

表示装置200Bは、トランジスタ310B、容量240、発光素子が設けられた基板301Bと、トランジスタ310Aが設けられた基板301Aとが、貼り合された構成を有する。

[0338]

ここで、基板301Bの下面に絶縁層345が設けられ、基板301A上に設けられた絶縁層261の上には絶縁層346を設けられている。絶縁層345、及び絶縁層346は、保護層として機能する絶縁層であり、基板301B及び基板301Aに不純物が拡散することを抑制することができる。絶縁層345、及び絶縁層346としては、保護層121または絶縁層332に用いることができる無機絶縁膜を用いることができる。

[0339]

基板301Bには、基板301B及び絶縁層345を貫通するプラグ343が設けられる。ここで、プラグ343の側面を覆って、保護層として機能する絶縁層344を設けることが好ましい。

[0340]

また、基板 3 0 1 B は、絶縁層 3 4 5 の下側に、導電層 3 4 2 が設けられる。導電層 3 4 2 は、絶縁層 3 3 5 に埋め込まれており、導電層 3 4 2 と絶縁層 3 3 5 の下面は平坦化されている。また、導電層 3 4 2 はプラグ 3 4 3 と電氣的に接続されている。

[0 3 4 1]

一方、基板 3 0 1 A には、絶縁層 3 4 6 上に導電層 3 4 1 が設けられている。導電層 3 4 1 は、絶縁層 3 3 6 に埋め込まれており、導電層 3 4 1 と絶縁層 3 3 6 の上面は平坦化されている。

[0 3 4 2]

導電層 3 4 1 及び導電層 3 4 2 としては、同じ導電材料を用いることが好ましい。例えば、A l、C r、C u、T a、T i、M o、W から選ばれた元素を含む金属膜、又は上述した元素を成分とする金属窒化物膜（窒化チタン膜、窒化モリブデン膜、窒化タングステン膜）等を用いることができる。特に、導電層 3 4 1 及び導電層 3 4 2 に、銅を用いることが好ましい。これにより、C u－C u（銅－銅）直接接合技術（C u（銅）のパッド同士を接続することで電氣的導通を図る技術）を適用することができる。

[0 3 4 3]

[表示装置 2 0 0 C]

図 1 3 に示す表示装置 2 0 0 C は、導電層 3 4 1 と導電層 3 4 2 を、バンプ 3 4 7 を介して接合する構成を有する。

[0 3 4 4]

図 1 3 に示すように、導電層 3 4 1 と導電層 3 4 2 の間にバンプ 3 4 7 を設けることで、導電層 3 4 1 と導電層 3 4 2 を電氣的に接続することができる。バンプ 3 4 7 は、例えば、金（A u）、ニッケル（N i）、インジウム（I n）、錫（S n）などを含む導電材料を用いて形成することができる。また例えば、バンプ 3 4 7 として半田を用いる場合がある。また、絶縁層 3 4 5 と絶縁層 3 4 6 の間に、接着層 3 4 8 を設けてもよい。また、バンプ 3 4 7 を設ける場合、絶縁層 3 4 5 及び絶縁層 3 4 6 を設けない構成にしてもよい。

[0 3 4 5]

[表示装置 2 0 0 D]

図 1 4 に示す表示装置 2 0 0 D は、トランジスタの構成が異なる点で、表示装置 2 0 0 A と主に相違する。

[0 3 4 6]

トランジスタ 3 2 0 は、チャンネルが形成される半導体層に、金属酸化物（酸化物半導体ともいう）が適用されたトランジスタ（O S トランジスタ）である。

[0 3 4 7]

トランジスタ 3 2 0 は、半導体層 3 2 1、絶縁層 3 2 3、導電層 3 2 4、一対の導電層 3 2 5、絶縁層 3 2 6、及び、導電層 3 2 7 を有する。

[0 3 4 8]

基板 3 3 1 は、図 1 0 A 及び図 1 0 B における基板 2 9 1 に相当する。

[0 3 4 9]

基板 3 3 1 上に、絶縁層 3 3 2 が設けられている。絶縁層 3 3 2 は、基板 3 3 1 から水または水素などの不純物がトランジスタ 3 2 0 に拡散すること、及び半導体層 3 2 1 から絶縁層 3 3 2 側に酸素が脱離することを防ぐバリア層として機能する。絶縁層 3 3 2 としては、例えば酸化アルミニウ

ム膜、酸化ハフニウム膜、窒化シリコン膜などの、酸化シリコン膜よりも水素または酸素が拡散しにくい膜を用いることができる。

[0350]

絶縁層332上に導電層327が設けられ、導電層327を覆って絶縁層326が設けられている。導電層327は、トランジスタ320の第1のゲート電極として機能し、絶縁層326の一部は、第1のゲート絶縁層として機能する。絶縁層326の少なくとも半導体層321と接する部分には、酸化シリコン膜等の酸化物絶縁膜を用いることが好ましい。絶縁層326の上面は、平坦化されていることが好ましい。

[0351]

半導体層321は、絶縁層326上に設けられる。半導体層321は、半導体特性を示す金属酸化物（酸化物半導体ともいう）膜を有することが好ましい。一对の導電層325は、半導体層321上に接して設けられ、ソース電極及びドレイン電極として機能する。

[0352]

一对の導電層325の上面及び側面、並びに半導体層321の側面等を覆って絶縁層328が設けられ、絶縁層328上に絶縁層264が設けられている。絶縁層328は、半導体層321に絶縁層264等から水または水素などの不純物が拡散すること、及び半導体層321から酸素が脱離することを防ぐバリア層として機能する。絶縁層328としては、上記絶縁層332と同様の絶縁膜を用いることができる。

[0353]

絶縁層328及び絶縁層264に、半導体層321に達する開口が設けられている。当該開口の内部に、半導体層321の上面に接する絶縁層323と、導電層324とが埋め込まれている。導電層324は、第2のゲート電極として機能し、絶縁層323は第2のゲート絶縁層として機能する。

[0354]

導電層324の上面、絶縁層323の上面、及び絶縁層264の上面は、それぞれ高さが一致または概略一致するように平坦化处理され、これらを覆って絶縁層329及び絶縁層265が設けられている。

[0355]

絶縁層264及び絶縁層265は、層間絶縁層として機能する。絶縁層329は、トランジスタ320に絶縁層265等から水または水素などの不純物が拡散することを防ぐバリア層として機能する。絶縁層329としては、上記絶縁層328及び絶縁層332と同様の絶縁膜を用いることができる。

[0356]

一对の導電層325の一方と電氣的に接続するプラグ274は、絶縁層265、絶縁層329、及び絶縁層264に埋め込まれるように設けられている。ここで、プラグ274は、絶縁層265、絶縁層329、絶縁層264、及び絶縁層328のそれぞれの開口の側面、及び導電層325の上面の一部を覆う導電層274aと、導電層274aの上面に接する導電層274bとを有することが好ましい。このとき、導電層274aとして、水素及び酸素が拡散しにくい導電材料を用いることが好ましい。

[0357]

[表示装置200E]

図15に示す表示装置200Eは、それぞれチャンネルが形成される半導体に酸化物半導体を有するトランジスタ320Aと、トランジスタ320Bとが積層された構成を有する。

[0358]

トランジスタ320A、トランジスタ320B、及びその周辺の構成については、上記表示装置200Dを援用することができる。

[0359]

なお、ここでは、酸化物半導体を有するトランジスタを2つ積層する構成としたが、これに限られない。例えば3つ以上のトランジスタを積層する構成としてもよい。

[0360]

[表示装置200F]

図16に示す表示装置200Fは、基板301にチャンネルが形成されるトランジスタ310と、チャンネルが形成される半導体層に金属酸化物を含むトランジスタ320とが積層された構成を有する。

[0361]

トランジスタ310を覆って絶縁層261が設けられ、絶縁層261上に導電層251が設けられている。また導電層251を覆って絶縁層262が設けられ、絶縁層262上に導電層252が設けられている。導電層251及び導電層252は、それぞれ配線として機能する。また、導電層252を覆って絶縁層263及び絶縁層332が設けられ、絶縁層332上にトランジスタ320が設けられている。また、トランジスタ320を覆って絶縁層265が設けられ、絶縁層265上に容量240が設けられている。容量240とトランジスタ320とは、プラグ274により電氣的に接続されている。

[0362]

トランジスタ320は、画素回路を構成するトランジスタとして用いることができる。また、トランジスタ310は、画素回路を構成するトランジスタ、または当該画素回路を駆動するための駆動回路（ゲート線駆動回路、ソース線駆動回路）を構成するトランジスタとして用いることができる。また、トランジスタ310及びトランジスタ320は、演算回路または記憶回路などの各種回路を構成するトランジスタとして用いることができる。

[0363]

このような構成とすることで、発光素子の直下に画素回路だけでなく駆動回路等を形成することができるため、表示領域の周辺に駆動回路を設ける場合に比べて、表示パネルを小型化することが可能となる。

[0364]

[表示装置200G]

図17に示す表示装置200Gは、基板301にチャンネルが形成されるトランジスタ310と、チャンネルが形成される半導体層に金属酸化物を含むトランジスタ320Aと、トランジスタ320Bとが積層された構成を有する。

[0365]

トランジスタ320Aは、画素回路を構成するトランジスタとして用いることができる。トランジスタ310は、画素回路を構成するトランジスタ、または当該画素回路を駆動するための駆動回路（ゲート線駆動回路、ソース線駆動回路）を構成するトランジスタとして用いることができる。トランジスタ320Bは、画素回路を構成するトランジスタとして用いてもよいし、上記駆動回路を

構成するトランジスタとして用いてもよい。また、トランジスタ 310、トランジスタ 320A、及びトランジスタ 320Bは、演算回路または記憶回路などの各種回路を構成するトランジスタとして用いることができる。

[0366]

以下では、表示装置に適用可能なトランジスタ等の構成要素について説明する。

[0367]

[トランジスタ]

トランジスタは、ゲート電極として機能する導電層と、半導体層と、ソース電極として機能する導電層と、ドレイン電極として機能する導電層と、ゲート絶縁層として機能する絶縁層と、を有する。

[0368]

なお、本発明の一態様の表示装置が有するトランジスタの構造は特に限定されない。例えば、プレーナ型のトランジスタとしてもよいし、スタガ型のトランジスタとしてもよいし、逆スタガ型のトランジスタとしてもよい。また、トップゲート型またはボトムゲート型のいずれのトランジスタ構造としてもよい。または、チャンネルの上下にゲート電極が設けられていてもよい。

[0369]

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

[0370]

以下では、特に金属酸化物膜をチャンネルが形成される半導体層に用いるトランジスタについて説明する。

[0371]

トランジスタに用いる半導体材料としては、エネルギーギャップが 2 eV 以上、好ましくは 2.5 eV 以上、より好ましくは 3 eV 以上である金属酸化物を用いることができる。代表的には、インジウムを含む金属酸化物などであり、例えば、後述する CAC-OS などを用いることができる。

[0372]

シリコンよりもバンドギャップが広く、且つキャリア濃度の小さい金属酸化物が用いられたトランジスタは、その小さいオフ電流により、トランジスタと直列に接続された容量素子に蓄積した電荷を長期間に亘って保持することが可能である。

[0373]

半導体層は、例えばインジウム、亜鉛及び M（M はアルミニウム、チタン、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、セリウム、スズ、ネオジムまたはハフニウム等の金属）を含む I_n-M-Z_n 酸化物で表記される膜とすることができる。

[0374]

半導体層を構成する金属酸化物が I_n-M-Z_n 酸化物の場合、 I_n-M-Z_n 酸化物を成膜するために用いるスパッタリングターゲットの金属元素の原子数比は、 $I_n \geq M$ 、 $Z_n \geq M$ を満たすことが好ましい。このようなスパッタリングターゲットの金属元素の原子数比として、 $I_n:M:Z_n=1:1:1$ 、 $I_n:M:Z_n=1:1:1.2$ 、 $I_n:M:Z_n=1:1:2$ 、 $I_n:M:Z_n=3:1:2$ 、 $I_n:M:Z_n=4:2:3$ 、 $I_n:M:Z_n=4:2:4.1$ 、 $I_n:M:Z_n=4:2:4.2$ 、 $I_n:M:Z_n=4:2:4.3$ 、 $I_n:M:Z_n=4:2:4.4$ 、 $I_n:M:Z_n=4:2:4.5$ 、 $I_n:M:Z_n=4:2:4.6$ 、 $I_n:M:Z_n=4:2:4.7$ 、 $I_n:M:Z_n=4:2:4.8$ 、 $I_n:M:Z_n=4:2:4.9$ 、 $I_n:M:Z_n=5:2:4$ 、 $I_n:M:Z_n=5:2:5$ 、 $I_n:M:Z_n=5:2:5.1$ 、 $I_n:M:Z_n=5:2:5.2$ 、 $I_n:M:Z_n=5:2:5.3$ 、 $I_n:M:Z_n=5:2:5.4$ 、 $I_n:M:Z_n=5:2:5.5$ 、 $I_n:M:Z_n=5:2:5.6$ 、 $I_n:M:Z_n=5:2:5.7$ 、 $I_n:M:Z_n=5:2:5.8$ 、 $I_n:M:Z_n=5:2:5.9$ 、 $I_n:M:Z_n=6:2:5$ 、 $I_n:M:Z_n=6:2:6$ 、 $I_n:M:Z_n=6:2:6.1$ 、 $I_n:M:Z_n=6:2:6.2$ 、 $I_n:M:Z_n=6:2:6.3$ 、 $I_n:M:Z_n=6:2:6.4$ 、 $I_n:M:Z_n=6:2:6.5$ 、 $I_n:M:Z_n=6:2:6.6$ 、 $I_n:M:Z_n=6:2:6.7$ 、 $I_n:M:Z_n=6:2:6.8$ 、 $I_n:M:Z_n=6:2:6.9$ 、 $I_n:M:Z_n=7:2:6$ 、 $I_n:M:Z_n=7:2:7$ 、 $I_n:M:Z_n=7:2:7.1$ 、 $I_n:M:Z_n=7:2:7.2$ 、 $I_n:M:Z_n=7:2:7.3$ 、 $I_n:M:Z_n=7:2:7.4$ 、 $I_n:M:Z_n=7:2:7.5$ 、 $I_n:M:Z_n=7:2:7.6$ 、 $I_n:M:Z_n=7:2:7.7$ 、 $I_n:M:Z_n=7:2:7.8$ 、 $I_n:M:Z_n=7:2:7.9$ 、 $I_n:M:Z_n=8:2:7$ 、 $I_n:M:Z_n=8:2:8$ 、 $I_n:M:Z_n=8:2:8.1$ 、 $I_n:M:Z_n=8:2:8.2$ 、 $I_n:M:Z_n=8:2:8.3$ 、 $I_n:M:Z_n=8:2:8.4$ 、 $I_n:M:Z_n=8:2:8.5$ 、 $I_n:M:Z_n=8:2:8.6$ 、 $I_n:M:Z_n=8:2:8.7$ 、 $I_n:M:Z_n=8:2:8.8$ 、 $I_n:M:Z_n=8:2:8.9$ 、 $I_n:M:Z_n=9:2:8$ 、 $I_n:M:Z_n=9:2:9$ 、 $I_n:M:Z_n=9:2:9.1$ 、 $I_n:M:Z_n=9:2:9.2$ 、 $I_n:M:Z_n=9:2:9.3$ 、 $I_n:M:Z_n=9:2:9.4$ 、 $I_n:M:Z_n=9:2:9.5$ 、 $I_n:M:Z_n=9:2:9.6$ 、 $I_n:M:Z_n=9:2:9.7$ 、 $I_n:M:Z_n=9:2:9.8$ 、 $I_n:M:Z_n=9:2:9.9$ 、 $I_n:M:Z_n=10:2:9$ 、 $I_n:M:Z_n=10:2:10$ 、 $I_n:M:Z_n=10:2:10.1$ 、 $I_n:M:Z_n=10:2:10.2$ 、 $I_n:M:Z_n=10:2:10.3$ 、 $I_n:M:Z_n=10:2:10.4$ 、 $I_n:M:Z_n=10:2:10.5$ 、 $I_n:M:Z_n=10:2:10.6$ 、 $I_n:M:Z_n=10:2:10.7$ 、 $I_n:M:Z_n=10:2:10.8$ 、 $I_n:M:Z_n=10:2:10.9$ 、 $I_n:M:Z_n=11:2:10$ 、 $I_n:M:Z_n=11:2:11$ 、 $I_n:M:Z_n=11:2:11.1$ 、 $I_n:M:Z_n=11:2:11.2$ 、 $I_n:M:Z_n=11:2:11.3$ 、 $I_n:M:Z_n=11:2:11.4$ 、 $I_n:M:Z_n=11:2:11.5$ 、 $I_n:M:Z_n=11:2:11.6$ 、 $I_n:M:Z_n=11:2:11.7$ 、 $I_n:M:Z_n=11:2:11.8$ 、 $I_n:M:Z_n=11:2:11.9$ 、 $I_n:M:Z_n=12:2:11$ 、 $I_n:M:Z_n=12:2:12$ 、 $I_n:M:Z_n=12:2:12.1$ 、 $I_n:M:Z_n=12:2:12.2$ 、 $I_n:M:Z_n=12:2:12.3$ 、 $I_n:M:Z_n=12:2:12.4$ 、 $I_n:M:Z_n=12:2:12.5$ 、 $I_n:M:Z_n=12:2:12.6$ 、 $I_n:M:Z_n=12:2:12.7$ 、 $I_n:M:Z_n=12:2:12.8$ 、 $I_n:M:Z_n=12:2:12.9$ 、 $I_n:M:Z_n=13:2:12$ 、 $I_n:M:Z_n=13:2:13$ 、 $I_n:M:Z_n=13:2:13.1$ 、 $I_n:M:Z_n=13:2:13.2$ 、 $I_n:M:Z_n=13:2:13.3$ 、 $I_n:M:Z_n=13:2:13.4$ 、 $I_n:M:Z_n=13:2:13.5$ 、 $I_n:M:Z_n=13:2:13.6$ 、 $I_n:M:Z_n=13:2:13.7$ 、 $I_n:M:Z_n=13:2:13.8$ 、 $I_n:M:Z_n=13:2:13.9$ 、 $I_n:M:Z_n=14:2:13$ 、 $I_n:M:Z_n=14:2:14$ 、 $I_n:M:Z_n=14:2:14.1$ 、 $I_n:M:Z_n=14:2:14.2$ 、 $I_n:M:Z_n=14:2:14.3$ 、 $I_n:M:Z_n=14:2:14.4$ 、 $I_n:M:Z_n=14:2:14.5$ 、 $I_n:M:Z_n=14:2:14.6$ 、 $I_n:M:Z_n=14:2:14.7$ 、 $I_n:M:Z_n=14:2:14.8$ 、 $I_n:M:Z_n=14:2:14.9$ 、 $I_n:M:Z_n=15:2:14$ 、 $I_n:M:Z_n=15:2:15$ 、 $I_n:M:Z_n=15:2:15.1$ 、 $I_n:M:Z_n=15:2:15.2$ 、 $I_n:M:Z_n=15:2:15.3$ 、 $I_n:M:Z_n=15:2:15.4$ 、 $I_n:M:Z_n=15:2:15.5$ 、 $I_n:M:Z_n=15:2:15.6$ 、 $I_n:M:Z_n=15:2:15.7$ 、 $I_n:M:Z_n=15:2:15.8$ 、 $I_n:M:Z_n=15:2:15.9$ 、 $I_n:M:Z_n=16:2:15$ 、 $I_n:M:Z_n=16:2:16$ 、 $I_n:M:Z_n=16:2:16.1$ 、 $I_n:M:Z_n=16:2:16.2$ 、 $I_n:M:Z_n=16:2:16.3$ 、 $I_n:M:Z_n=16:2:16.4$ 、 $I_n:M:Z_n=16:2:16.5$ 、 $I_n:M:Z_n=16:2:16.6$ 、 $I_n:M:Z_n=16:2:16.7$ 、 $I_n:M:Z_n=16:2:16.8$ 、 $I_n:M:Z_n=16:2:16.9$ 、 $I_n:M:Z_n=17:2:16$ 、 $I_n:M:Z_n=17:2:17$ 、 $I_n:M:Z_n=17:2:17.1$ 、 $I_n:M:Z_n=17:2:17.2$ 、 $I_n:M:Z_n=17:2:17.3$ 、 $I_n:M:Z_n=17:2:17.4$ 、 $I_n:M:Z_n=17:2:17.5$ 、 $I_n:M:Z_n=17:2:17.6$ 、 $I_n:M:Z_n=17:2:17.7$ 、 $I_n:M:Z_n=17:2:17.8$ 、 $I_n:M:Z_n=17:2:17.9$ 、 $I_n:M:Z_n=18:2:17$ 、 $I_n:M:Z_n=18:2:18$ 、 $I_n:M:Z_n=18:2:18.1$ 、 $I_n:M:Z_n=18:2:18.2$ 、 $I_n:M:Z_n=18:2:18.3$ 、 $I_n:M:Z_n=18:2:18.4$ 、 $I_n:M:Z_n=18:2:18.5$ 、 $I_n:M:Z_n=18:2:18.6$ 、 $I_n:M:Z_n=18:2:18.7$ 、 $I_n:M:Z_n=18:2:18.8$ 、 $I_n:M:Z_n=18:2:18.9$ 、 $I_n:M:Z_n=19:2:18$ 、 $I_n:M:Z_n=19:2:19$ 、 $I_n:M:Z_n=19:2:19.1$ 、 $I_n:M:Z_n=19:2:19.2$ 、 $I_n:M:Z_n=19:2:19.3$ 、 $I_n:M:Z_n=19:2:19.4$ 、 $I_n:M:Z_n=19:2:19.5$ 、 $I_n:M:Z_n=19:2:19.6$ 、 $I_n:M:Z_n=19:2:19.7$ 、 $I_n:M:Z_n=19:2:19.8$ 、 $I_n:M:Z_n=19:2:19.9$ 、 $I_n:M:Z_n=20:2:19$ 、 $I_n:M:Z_n=20:2:20$ 、 $I_n:M:Z_n=20:2:20.1$ 、 $I_n:M:Z_n=20:2:20.2$ 、 $I_n:M:Z_n=20:2:20.3$ 、 $I_n:M:Z_n=20:2:20.4$ 、 $I_n:M:Z_n=20:2:20.5$ 、 $I_n:M:Z_n=20:2:20.6$ 、 $I_n:M:Z_n=20:2:20.7$ 、 $I_n:M:Z_n=20:2:20.8$ 、 $I_n:M:Z_n=20:2:20.9$ 、 $I_n:M:Z_n=21:2:20$ 、 $I_n:M:Z_n=21:2:21$ 、 $I_n:M:Z_n=21:2:21.1$ 、 $I_n:M:Z_n=21:2:21.2$ 、 $I_n:M:Z_n=21:2:21.3$ 、 $I_n:M:Z_n=21:2:21.4$ 、 $I_n:M:Z_n=21:2:21.5$ 、 $I_n:M:Z_n=21:2:21.6$ 、 $I_n:M:Z_n=21:2:21.7$ 、 $I_n:M:Z_n=21:2:21.8$ 、 $I_n:M:Z_n=21:2:21.9$ 、 $I_n:M:Z_n=22:2:21$ 、 $I_n:M:Z_n=22:2:22$ 、 $I_n:M:Z_n=22:2:22.1$ 、 $I_n:M:Z_n=22:2:22.2$ 、 $I_n:M:Z_n=22:2:22.3$ 、 $I_n:M:Z_n=22:2:22.4$ 、 $I_n:M:Z_n=22:2:22.5$ 、 $I_n:M:Z_n=22:2:22.6$ 、 $I_n:M:Z_n=22:2:22.7$ 、 $I_n:M:Z_n=22:2:22.8$ 、 $I_n:M:Z_n=22:2:22.9$ 、 $I_n:M:Z_n=23:2:22$ 、 $I_n:M:Z_n=23:2:23$ 、 $I_n:M:Z_n=23:2:23.1$ 、 $I_n:M:Z_n=23:2:23.2$ 、 $I_n:M:Z_n=23:2:23.3$ 、 $I_n:M:Z_n=23:2:23.4$ 、 $I_n:M:Z_n=23:2:23.5$ 、 $I_n:M:Z_n=23:2:23.6$ 、 $I_n:M:Z_n=23:2:23.7$ 、 $I_n:M:Z_n=23:2:23.8$ 、 $I_n:M:Z_n=23:2:23.9$ 、 $I_n:M:Z_n=24:2:23$ 、 $I_n:M:Z_n=24:2:24$ 、 $I_n:M:Z_n=24:2:24.1$ 、 $I_n:M:Z_n=24:2:24.2$ 、 $I_n:M:Z_n=24:2:24.3$ 、 $I_n:M:Z_n=24:2:24.4$ 、 $I_n:M:Z_n=24:2:24.5$ 、 $I_n:M:Z_n=24:2:24.6$ 、 $I_n:M:Z_n=24:2:24.7$ 、 $I_n:M:Z_n=24:2:24.8$ 、 $I_n:M:Z_n=24:2:24.9$ 、 $I_n:M:Z_n=25:2:24$ 、 $I_n:M:Z_n=25:2:25$ 、 $I_n:M:Z_n=25:2:25.1$ 、 $I_n:M:Z_n=25:2:25.2$ 、 $I_n:M:Z_n=25:2:25.3$ 、 $I_n:M:Z_n=25:2:25.4$ 、 $I_n:M:Z_n=25:2:25.5$ 、 $I_n:M:Z_n=25:2:25.6$ 、 $I_n:M:Z_n=25:2:25.7$ 、 $I_n:M:Z_n=25:2:25.8$ 、 $I_n:M:Z_n=25:2:25.9$ 、 $I_n:M:Z_n=26:2:25$ 、 $I_n:M:Z_n=26:2:26$ 、 $I_n:M:Z_n=26:2:26.1$ 、 $I_n:M:Z_n=26:2:26.2$ 、 $I_n:M:Z_n=26:2:26.3$ 、 $I_n:M:Z_n=26:2:26.4$ 、 $I_n:M:Z_n=26:2:26.5$ 、 $I_n:M:Z_n=26:2:26.6$ 、 $I_n:M:Z_n=26:2:26.7$ 、 $I_n:M:Z_n=26:2:26.8$ 、 $I_n:M:Z_n=26:2:26.9$ 、 $I_n:M:Z_n=27:2:26$ 、 $I_n:M:Z_n=27:2:27$ 、 $I_n:M:Z_n=27:2:27.1$ 、 $I_n:M:Z_n=27:2:27.2$ 、 $I_n:M:Z_n=27:2:27.3$ 、 $I_n:M:Z_n=27:2:27.4$ 、 $I_n:M:Z_n=27:2:27.5$ 、 $I_n:M:Z_n=27:2:27.6$ 、 $I_n:M:Z_n=27:2:27.7$ 、 $I_n:M:Z_n=27:2:27.8$ 、 $I_n:M:Z_n=27:2:27.9$ 、 $I_n:M:Z_n=28:2:27$ 、 $I_n:M:Z_n=28:2:28$ 、 $I_n:M:Z_n=28:2:28.1$ 、 $I_n:M:Z_n=28:2:28.2$ 、 $I_n:M:Z_n=28:2:28.3$ 、 $I_n:M:Z_n=28:2:28.4$ 、 $I_n:M:Z_n=28:2:28.5$ 、 $I_n:M:Z_n=28:2:28.6$ 、 $I_n:M:Z_n=28:2:28.7$ 、 $I_n:M:Z_n=28:2:28.8$ 、 $I_n:M:Z_n=28:2:28.9$ 、 $I_n:M:Z_n=29:2:28$ 、 $I_n:M:Z_n=29:2:29$ 、 $I_n:M:Z_n=29:2:29.1$ 、 $I_n:M:Z_n=29:2:29.2$ 、 $I_n:M:Z_n=29:2:29.3$ 、 $I_n:M:Z_n=29:2:29.4$ 、 $I_n:M:Z_n=29:2:29.5$ 、 $I_n:M:Z_n=29:2:29.6$ 、 $I_n:M:Z_n=29:2:29.7$ 、 $I_n:M:Z_n=29:2:29.8$ 、 $I_n:M:Z_n=29:2:29.9$ 、 $I_n:M:Z_n=30:2:29$ 、 $I_n:M:Z_n=30:2:30$ 、 $I_n:M:Z_n=30:2:30.1$ 、 $I_n:M:Z_n=30:2:30.2$ 、 $I_n:M:Z_n=30:2:30.3$ 、 $I_n:M:Z_n=30:2:30.4$ 、 $I_n:M:Z_n=30:2:30.5$ 、 $I_n:M:Z_n=30:2:30.6$ 、 $I_n:M:Z_n=30:2:30.7$ 、 $I_n:M:Z_n=30:2:30.8$ 、 $I_n:M:Z_n=30:2:30.9$ 、 $I_n:M:Z_n=31:2:30$ 、 $I_n:M:Z_n=31:2:31$ 、 $I_n:M:Z_n=31:2:31.1$ 、 $I_n:M:Z_n=31:2:31.2$ 、 $I_n:M:Z_n=31:2:31.3$ 、 $I_n:M:Z_n=31:2:31.4$ 、 $I_n:M:Z_n=31:2:31.5$ 、 $I_n:M:Z_n=31:2:31.6$ 、 $I_n:M:Z_n=31:2:31.7$ 、 $I_n:M:Z_n=31:2:31.8$ 、 $I_n:M:Z_n=31:2:31.9$ 、 $I_n:M:Z_n=32:2:31$ 、 $I_n:M:Z_n=32:2:32$ 、 $I_n:M:Z_n=32:2:32.1$ 、 $I_n:M:Z_n=32:2:32.2$ 、 $I_n:M:Z_n=32:2:32.3$ 、 $I_n:M:Z_n=32:2:32.4$ 、 $I_n:M:Z_n=32:2:32.5$ 、 $I_n:M:Z_n=32:2:32.6$ 、 $I_n:M:Z_n=32:2:32.7$ 、 $I_n:M:Z_n=32:2:32.8$ 、 $I_n:M:Z_n=32:2:32.9$ 、 $I_n:M:Z_n=33:2:32$ 、 $I_n:M:Z_n=33:2:33$ 、 $I_n:M:Z_n=33:2:33.1$ 、 $I_n:M:Z_n=33:2:33.2$ 、 $I_n:M:Z_n=33:2:33.3$ 、 $I_n:M:Z_n=33:2:33.4$ 、 $I_n:M:Z_n=33:2:33.5$ 、 $I_n:M:Z_n=33:2:33.6$ 、 $I_n:M:Z_n=33:2:33.7$ 、 $I_n:M:Z_n=33:2:33.8$ 、 $I_n:M:Z_n=33:2:33.9$ 、 $I_n:M:Z_n=34:2:33$ 、 $I_n:M:Z_n=34:2:34$ 、 $I_n:M:Z_n=34:2:34.1$ 、 $I_n:M:Z_n=34:2:34.2$ 、 $I_n:M:Z_n=34:2:34.3$ 、 $I_n:M:Z_n=34:2:34.4$ 、 $I_n:M:Z_n=34:2:34.5$ 、 $I_n:M:Z_n=34:2:34.6$ 、 $I_n:M:Z_n=34:2:34.7$ 、 $I_n:M:Z_n=34:2:34.8$ 、 $I_n:M:Z_n=34:2:34.9$ 、 $I_n:M:Z_n=35:2:34$ 、 $I_n:M:Z_n=35:2:35$ 、 $I_n:M:Z_n=35:2:35.1$ 、 $I_n:M:Z_n=35:2:35.2$ 、 $I_n:M:Z_n=35:2:35.3$ 、 $I_n:M:Z_n=35:2:35.4$ 、 $I_n:M:Z_n=35:2:35.5$ 、 $I_n:M:Z_n=35:2:35.6$ 、 $I_n:M:Z_n=35:2:35.7$ 、 $I_n:M:Z_n=35:2:35.8$ 、 $I_n:M:Z_n=35:2:35.9$ 、 $I_n:M:Z_n=36:2:35$ 、 $I_n:M:Z_n=36:2:36$ 、 $I_n:M:Z_n=36:2:36.1$ 、 $I_n:M:Z_n=36:2:36.2$ 、 $I_n:M:Z_n=36:2:36.3$ 、 $I_n:M:Z_n=36:2:36.4$ 、 $I_n:M:Z_n=36:2:36.5$ 、 $I_n:M:Z_n=36:2:36.6$ 、 $I_n:M:Z_n=36:2:36.7$ 、 $I_n:M:Z_n=36:2:36.8$ 、 $I_n:M:Z_n=36:2:36.9$ 、 $I_n:M:Z_n=37:2:36$ 、 $I_n:M:Z_n=37:2:37$ 、 $I_n:M:Z_n=37:2:37.1$ 、 $I_n:M:Z_n=37:2:37.2$ 、 $I_n:M:Z_n=37:2:37.3$ 、 $I_n:M:Z_n=37:2:37.4$ 、 $I_n:M:Z_n=37:2:37.5$ 、 $I_n:M:Z_n=37:2:37.6$ 、 $I_n:M:Z_n=37:2:37.7$ 、 $I_n:M:Z_n=37:2:37.8$ 、 $I_n:M:Z_n=37:2:37.9$ 、 $I_n:M:Z_n=38:2:37$ 、 $I_n:M:Z_n=38:2:38$ 、 $I_n:M:Z_n=38:2:38.1$ 、 $I_n:M:Z_n=38:2:38.2$ 、 $I_n:M:Z_n=38:2:38.3$ 、 $I_n:M:Z_n=38:2:38.4$ 、 $I_n:M:Z_n=38:2:38.5$ 、 $I_n:M:Z_n=38:2:38.6$ 、 $I_n:M:Z_n=38:2:38.7$ 、 $I_n:M:Z_n=38:2:38.8$ 、 $I_n:M:Z_n=38:2:38.9$ 、 $I_n:M:Z_n=39:2:38$ 、 $I_n:M:Z_n=39:2:39$ 、 $I_n:M:Z_n=39:2:39.1$ 、 $I_n:M:Z_n=39:2:39.2$ 、 $I_n:M:Z_n=39:2:39.3$ 、 $I_n:M:Z_n=39:2:39.4$ 、 $I_n:M:Z_n=39:2:39.5$ 、 $I_n:M:Z_n=39:2:39.6$ 、 $I_n:M:Z_n=39:2:39.7$ 、 $I_n:M:Z_n=39:2:39.8$ 、 $I_n:M:Z_n=39:2:39.9$ 、 $I_n:M:Z_n=40:2:39$ 、 $I_n:M:Z_n=40:2:40$ 、 $I_n:M:Z_n=40:2:40.1$ 、 $I_n:M:Z_n=40:2:40.2$ 、 $I_n:M:Z_n=40:2:40.3$ 、 $I_n:M:Z_n=40:2:40.4$ 、 $I_n:M:Z_n=40:2:40.5$ 、 $I_n:M:Z_n=40:2:40.6$ 、 $I_n:M:Z_n=40:2:40.7$ 、 $I_n:M:Z_n=40:2:40.8$ 、 $I_n:M:Z_n=40:2:40.9$ 、 $I_n:M:Z_n=41:2:40$ 、 $I_n:M:Z_n=41:2:41$ 、 $I_n:M:Z_n=41:2:41.1$ 、 $I_n:M:Z_n=41:2:41.2$ 、 $I_n:M:Z_n=41:2:41.3$ 、 $I_n:M:Z_n=41:2:41.4$ 、 $I_n:M:Z_n=41:2:41.5$ 、 $I_n:M:Z_n=41:2:41.6$ 、 $I_n:M:Z_n=41:2:41.7$ 、 $I_n:M:Z_n=41:2:41.8$ 、 $I_n:M:Z_n=41:2:41.9$ 、 $I_n:M:Z_n=42:2:41$ 、 $I_n:M:Z_n=42:2:42$ 、 $I_n:M:Z_n=42:2:42.1$ 、 $I_n:M:Z_n=42:2:42.2$ 、 $I_n:M:Z_n=42:2:42.3$ 、 $I_n:M:Z_n=42:2:42.4$ 、 $I_n:M:Z_n=42:2:42.5$ 、 $I_n:M:Z_n=42:2:42.6$ 、 $I_n:M:Z_n=42:2:42.7$ 、 $I_n:M:Z_n=42:2:42.8$ 、 $I_n:M:Z_n=42:2:42.9$ 、 $I_n:M:Z_n=43:2:42$ 、 $I_n:M:Z_n=43:2:43$ 、 $I_n:M:Z_n=43:2:43.1$ 、 $I_n:M:Z_n=43:2:43.2$ 、 $I_n:M:Z_n=43:2:43.3$ 、 $I_n:M:Z_n=43:2:43.4$ 、 $I_n:M:Z_n=43:2:43.5$ 、 $I_n:M:Z_n=43:2:43.6$ 、 $I_n:M:Z_n=43:2:43.7$ 、 $I_n:M:Z_n=43:2:43.8$ 、 $I_n:M:Z_n=43:2:43.9$ 、 $I_n:M:Z_n=44:2:43$ 、 $I_n:M:Z_n=44:2:44$ 、 $I_n:M:Z_n=44:2:44.1$ 、 $I_n:M:Z_n=44:2:44.2$ 、 $I_n:M:Z_n=44:2:44.3$ 、 $I_n:M:Z_n=44:2:44.4$ 、 $I_n:M:Z_n=44:2:44.5$ 、 $I_n:M:Z_n=44:2:44.6$ 、 $I_n:M:Z_n=44:2:44.7$ 、 $I_n:M:Z_n=44:2:44.8$ 、 $I_n:M:Z_n=44:2:44.9$ 、 $I_n:M:Z_n=45:2:44$ 、 $I_n:M:Z_n=45:2:45$ 、 $I_n:M:Z_n=45:2:45.1$ 、 $I_n:M:Z_n=45:2:45.2$ 、 $I_n:M:Z_n=45:2:45.3$ 、 $I_n:M:Z_n=45:2:45.4$ 、 $I_n:M:Z_n=45:2:45.5$ 、 $I_n:M:Z_n=45:2:45.6$ 、 $I_n:M:Z_n=45:2:45.7$ 、 $I_n:M:Z_n=45:2:45.8$ 、 $I_n:M:Z_n=45:2:45.9$ 、 $I_n:M:Z_n=46:2:45$ 、 $I_n:M:Z_n=46:2:46$ 、 $I_n:M:Z_n=46:2:46.1$ 、 $I_n:M:Z_n=46:2:46.2$ 、 $I_n:M:Z_n=46:2:46.3$ 、 $I_n:M:Z_n=46:2:46.4$ 、 $I_n:M:Z_n=46:2:46.5$ 、 $I_n:M:Z_n=46:2:46.6$ 、 $I_n:M:Z_n=46:2:46.7$ 、 $I_n:M:Z_n=46:2:46.8$ 、 $I_n:M:Z_n=46:2:46.9$ 、 $I_n:M:Z_n=47:2:46$ 、 $I_n:M:Z_n=47:2:47$ 、 $I_n:M:Z_n=47:2:47.1$ 、 $I_n:M:Z_n=47:2:47.2$ 、 $I_n:M:Z_n=47:2:47.3$ 、 $I_n:M:Z_n=47:2:47.4$ 、 $I_n:M:Z_n=47:2:47.5$ 、 $I_n:M:Z_n=47:2:47.6$ 、 $I_n:M:Z_n=47:2:47.7$ 、 $I_n:M:Z_n=47:2:47.8$ 、 $I_n:M:Z_n=47:2:47.9$ 、 $I_n:M:Z_n=48:2:47$ 、 $I_n:M:Z_n=48:2:48$ 、 $I_n:M:Z_n=48:2:48.1$ 、 $I_n:M:Z_n=48:2:48.2$ 、 $I_n:M:Z_n=48:2:48.3$ 、 $I_n:M:Z_n=48:2:48.4$ 、 $I_n:M:Z_n=48:2:48.5$ 、 $I_n:M:Z_n=48:2:48.6$ 、 $I_n:M:Z_n=48:2:48.7$ 、 $I_n:M:Z_n=48:2:48.8$ 、 $I_n:M:Z_n=48:2:48.9$ 、 $I_n:M:Z_n=49:2:48$ 、 $I_n:M:Z_n=49:2:49$ 、 $I_n:M:Z_n=49:2:49.1$ 、 $I_n:M:Z_n=49:2:49.2$ 、 $I_n:M:Z_n=49:2:49.3$ 、 $I_n:M:Z_n=49:2:49.4$ 、 $I_n:M:Z_n=49:2:49.5$ 、 $I_n:M:Z_n=49:2:49.6$ 、 $I_n:M:Z_n=49:2:49.$

$n = 5 : 1 : 6$ 、 $In : M : Zn = 5 : 1 : 7$ 、 $In : M : Zn = 5 : 1 : 8$ 等が好ましい。なお、成膜される半導体層の原子数比はそれぞれ、上記のスputタリングターゲットに含まれる金属元素の原子数比のプラスマイナス40%の変動を含む。

[0375]

半導体層としては、キャリア濃度の低い金属酸化物膜を用いる。例えば、半導体層は、キャリア濃度が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 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、 $1 \times 10^{-9} \text{ cm}^{-3}$ 以上のキャリア濃度の金属酸化物を用いることができる。そのような金属酸化物を、高純度真性または実質的に高純度真性な金属酸化物と呼ぶ。当該酸化物半導体は、欠陥準位密度が低く、安定な特性を有する金属酸化物であるといえる。

[0376]

なお、これらに限らず、必要とするトランジスタの半導体特性及び電気特性（電界効果移動度、しきい値電圧等）に応じて適切な組成の酸化物半導体を用いればよい。また、必要とするトランジスタの半導体特性を得るために、半導体層のキャリア濃度、不純物濃度、欠陥密度、金属元素と酸素の原子数比、原子間距離、密度等を適切なものとするのが好ましい。

[0377]

半導体層を構成する金属酸化物において、第14族元素であるシリコンまたは炭素が含まれると、半導体層において酸素欠損が増加し、n型化してしまう。このため、半導体層におけるシリコンまたは炭素の濃度（二次イオン質量分析法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。

[0378]

また、アルカリ金属及びアルカリ土類金属は、金属酸化物と結合するとキャリアを生成する場合があります、トランジスタのオフ電流が増大してしまうことがある。このため半導体層における二次イオン質量分析法により得られる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。

[0379]

また、半導体層を構成する金属酸化物に窒素が含まれていると、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金属酸化物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。このため半導体層における二次イオン質量分析法により得られる窒素濃度は、 $5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下にすることが好ましい。

[0380]

酸化物半導体は、単結晶酸化物半導体と、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は、CAAC-OS (c-axis-aligned crystalline oxide semiconductor)、多結晶酸化物半導体、nc-OS (nanocrystalline oxide semiconductor)、擬似非晶質酸化物半導体 (a-like OS: amorphous-like oxide semiconductor)、及び非晶質酸化物半導体などがある。

[0381]

また、本発明の一態様で開示されるトランジスタの半導体層には、CAC-OS (cloud-aligned composite oxide semiconductor) を用いてもよい。

[0382]

なお、本発明の一態様で開示されるトランジスタの半導体層は、上述した非単結晶酸化物半導体を好適に用いることができる。また、非単結晶酸化物半導体としては、 $nc-OS$ 、 $CAC-OS$ 、または $CAC-OS$ を好適に用いることができる。

[0383]

なお、半導体層が $CAC-OS$ の領域、多結晶酸化物半導体の領域、 $nc-OS$ の領域、 $CAC-OS$ の領域、擬似非晶質酸化物半導体の領域、及び非晶質酸化物半導体の領域のうち、二種以上を有する混合膜であってもよい。混合膜は、例えば上述した領域のうち、いずれか二種以上の領域を含む単層構造、または積層構造を有する場合がある。

[0384]

また、半導体層に金属酸化物膜を有するトランジスタは低温ポリシリコンを用いたトランジスタとは異なり、レーザ結晶化工程が不要である。このため、大面積基板を用いた表示装置であっても、製造コストを低減することが可能である。さらに、ウルトラハイビジョン（「4K解像度」、「4K2K」、「4K」）、スーパーハイビジョン（「8K解像度」、「8K4K」、「8K」）のような高解像度であり、且つ大型の表示装置において、半導体層に $CAC-OS$ を有するトランジスタを駆動回路及び表示部に用いることで、短時間での書き込みが可能であり、表示不良を低減することが可能であり好ましい。

[0385]

または、トランジスタのチャネルが形成される半導体にシリコンを用いてもよい。シリコンとしてアモルファスシリコンを用いてもよいが、特に結晶性を有するシリコンを用いることが好ましい。例えば、微結晶シリコン、多結晶シリコン、単結晶シリコンなどを用いることが好ましい。特に、多結晶シリコンは、単結晶シリコンに比べて低温で形成でき、且つアモルファスシリコンに比べて高い電界効果移動度と高い信頼性を備える。

[0386]

〔導電層〕

トランジスタのゲート、ソース及びドレインのほか、表示装置を構成する各種配線及び電極などの導電層に用いることのできる材料としては、アルミニウム、チタン、クロム、ニッケル、銅、イットリウム、ジルコニウム、モリブデン、銀、タンタル、またはタングステンなどの金属、またはこれを主成分とする合金などが挙げられる。またこれらの材料を含む膜を単層で、または積層構造として用いることができる。例えば、シリコンを含むアルミニウム膜の単層構造、チタン膜上にアルミニウム膜を積層する二層構造、タングステン膜上にアルミニウム膜を積層する二層構造、銅-マグネシウム-アルミニウム合金膜上に銅膜を積層する二層構造、チタン膜上に銅膜を積層する二層構造、タングステン膜上に銅膜を積層する二層構造、チタン膜または窒化チタン膜と、その上に重ねてアルミニウム膜または銅膜を積層し、さらにその上にチタン膜または窒化チタン膜を形成する三層構造、モリブデン膜または窒化モリブデン膜と、その上に重ねてアルミニウム膜または銅膜を積層し、さらにその上にモリブデン膜または窒化モリブデン膜を形成する三層構造等がある。なお、酸化インジウム、酸化錫または酸化亜鉛等の酸化物を用いてもよい。また、マンガンを含む銅を用いると、エッチングによる形状の制御性が高まるため好ましい。

[0387]

〔絶縁層〕

各絶縁層に用いることのできる絶縁材料としては、例えば、アクリル樹脂、エポキシ樹脂などの樹脂、シリコーンなどのシロキサン結合を有する樹脂の他、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、酸化アルミニウムなどの無機絶縁材料を用いることもできる。

[0388]

なお、本明細書中において、酸化窒化物とは、その組成として窒素よりも酸素の含有量が多い材料を指し、窒化酸化物とは、その組成として酸素よりも窒素の含有量が多い材料を指す。例えば、酸化窒化シリコンと記載した場合は、その組成として窒素よりも酸素の含有量が多い材料を指し、窒化酸化シリコンと記載した場合は、その組成として、酸素よりも窒素の含有量が多い材料を示す。

[0389]

また、発光素子は、一對の透水性の低い絶縁膜の間に設けられていることが好ましい。これにより、発光素子に水等の不純物が侵入することを抑制でき、装置の信頼性の低下を抑制できる。

[0390]

透水性の低い絶縁膜としては、窒化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜等の窒素と珪素を含む膜、または窒化アルミニウム膜等の窒素とアルミニウムを含む膜等が挙げられる。また、酸化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜、酸化アルミニウム膜等を用いてもよい。

[0391]

例えば、透水性の低い絶縁膜の水蒸気透過量は、 1×10^{-5} [g / (m² · d a y)] 以下、好ましくは 1×10^{-6} [g / (m² · d a y)] 以下、より好ましくは 1×10^{-7} [g / (m² · d a y)] 以下、さらに好ましくは 1×10^{-8} [g / (m² · d a y)] 以下とする。

[0392]

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。

[0393]

[表示装置200H]

図18に、表示装置200Hの斜視図を示し、図19Aに、表示装置200Hの断面図を示す。

[0394]

表示装置200Hは、基板170と基板151とが貼り合わされた構成を有する。図18では、基板170を破線で明示している。

[0395]

表示装置200Hは、表示部167、接続部140、回路164、配線165等を有する。図18では表示装置200HにIC173及びFPC172が実装されている例を示している。そのため、図18に示す構成は、表示装置200Hと、IC（集積回路）と、FPCと、を有する表示モジュールということもできる。

[0396]

接続部140は、表示部167の外側に設けられる。接続部140は、表示部167の一辺または複数の辺に沿って設けることができる。接続部140は、単数であっても複数であってもよい。図18では、表示部の四辺を囲むように接続部140が設けられている例を示す。接続部140では、発光素子の共通電極と、導電層とが電氣的に接続されており、共通電極に電位を供給することができる。

[0397]

回路164としては、例えば走査線駆動回路を用いることができる。なお、図19Aには、回路164が設けられる領域の絶縁層105には凹部175が設けられない例を示すが、回路164が設けられる領域の絶縁層105に、凹部175を設けてもよい。例えば、回路164が有するトランジスタと、凹部175が重畳する構成としてもよい。このような構成においては例えば、回路164が有するトランジスタ上に絶縁層105が位置し、絶縁層105の表面が、絶縁層118a、絶縁層118b、絶縁層118d等と同じ膜を用いて設けられる絶縁層により覆われる。

[0398]

配線165は、表示部167及び回路164に信号及び電力を供給する機能を有する。当該信号及び電力は、FPC172を介して外部から配線165に入力される、またはIC173から配線165に入力される。

[0399]

図18では、COG (Chip On Glass) 方式またはCOF (Chip On Film) 方式等により、基板151にIC173が設けられている例を示す。IC173は、例えば走査線駆動回路または信号線駆動回路などを有するICを適用できる。なお、表示装置200H及び表示モジュールは、ICを設けない構成としてもよい。また、ICを、COF方式等により、FPCに実装してもよい。

[0400]

図19Aに、表示装置200Hの、FPC172を含む領域の一部、回路164の一部、表示部167の一部、接続部140の一部、及び、端部を含む領域の一部をそれぞれ切断したときの断面の一例を示す。

[0401]

図19Aに示す表示装置200Hは、基板151と基板170の間に、トランジスタ201、トランジスタ205、発光素子110b、発光素子110a、及び、受光素子110d、等を有する。発光素子110aは例えば、赤色の光Rを発する発光素子である。また、発光素子110bは例えば、緑色の光Gを発する発光素子である。受光素子110dは例えば、光Lを検出する機能を有する発光素子である。

[0402]

発光素子110a及び発光素子110bは、画素電極の構成が異なる点以外は、それぞれ、図2A等 to 示す発光素子110R及び発光素子110Gと同様の構造を有する。発光素子及び受光素子の詳細は実施の形態1を参照できる。また、受光素子110dは、画素電極の構成が異なる点以外は、図2B等 to 示す受光素子110Sと同様の構造を有する。発光素子110a、発光素子110b、及び受光素子110dは、絶縁層105上に設けられる。また、図示しないが、表示装置200Hは、基板151と基板170の間に、絶縁層105上の発光素子110c (図示しない) を有し、発光素子110cは、画素電極の構成が異なる点以外は、図2A等 to 示す発光素子110Bと同様の構造を有する。

[0403]

表示装置200Hは、有機層112R、有機層112G、及びPS層155Sが分離されており、それぞれ離隔しているため、高精細な表示装置であっても、隣接する副画素間におけるクロストークの発生を抑制することができる。したがって、高精細であり、かつ、表示品位の高い表示装置を実現することができる。

[0404]

発光素子110aは、導電層115aと、導電層115a上の導電層127aと、導電層127a上の導電層129aと、を有する。導電層115a、導電層127a、導電層129aの全てを画素電極と呼ぶこともでき、一部を画素電極と呼ぶこともできる。

[0405]

発光素子110bは、導電層115bと、導電層115b上の導電層127bと、導電層127b上の導電層129bと、を有する。導電層115b、導電層127b、導電層129bの全てを画素電極と呼ぶこともでき、一部を画素電極と呼ぶこともできる。

[0406]

受光素子110dは、導電層115dと、導電層115d上の導電層127dと、導電層127d上の導電層129dと、を有する。導電層115d、導電層127d、導電層129dの全てを画素電極と呼ぶこともでき、一部を画素電極と呼ぶこともできる。

[0407]

導電層115aは、絶縁層105及び絶縁層106に設けられた開口を介して、トランジスタ205が有する導電層222bと接続されている。導電層115a及び導電層127aの端部は揃っている。導電層127aの端部よりも外側に導電層129aの端部が位置している。例えば、導電層127aに反射性を有する導電層を用い、導電層129aに、透光性を有する導電層を用いることができる。

[0408]

導電層115bは、絶縁層105及び絶縁層106に設けられた開口を介して、トランジスタ205が有する導電層222bと接続されている。導電層115b及び導電層127bの端部は揃っている。導電層127bの端部よりも外側に導電層129bの端部が位置している。例えば、導電層127bに反射性を有する導電層を用い、導電層129bに、透光性を有する導電層を用いることができる。

[0409]

導電層115dは、絶縁層105及び絶縁層106に設けられた開口を介して、トランジスタ205が有する導電層222bと接続されている。導電層115d及び導電層127dの端部は揃っている。導電層127dの端部よりも外側に導電層129dの端部が位置している。例えば、導電層127dに反射性を有する導電層を用い、導電層129dに、透光性を有する導電層を用いることができる。

[0410]

導電層115a、115b、115dには、絶縁層105及び絶縁層106に設けられた開口を覆うように凹部が形成される。当該凹部には、層128が埋め込まれている。

[0411]

層128は、導電層115a、導電層115b、導電層115dの凹部を平坦化する機能を有する。導電層115a、導電層115b、導電層115d及び層128上には、導電層115a、115b、115dと電氣的に接続される導電層127a、導電層127b、導電層127dが設けられている。したがって、導電層115a、導電層115b、導電層115dの凹部と重なる領域も発光領域として使用でき、画素の開口率を高めることができる。

[0412]

層 1 2 8 は、絶縁層であってもよく、導電層であってもよい。層 1 2 8 には、各種無機絶縁材料、有機絶縁材料、及び導電材料を適宜用いることができる。特に、層 1 2 8 は、絶縁材料を用いて形成されることが好ましい。

[0 4 1 3]

層 1 2 8 としては、有機材料を有する絶縁層を好適に用いることができる。例えば、層 1 2 8 として、アクリル樹脂、ポリイミド樹脂、エポキシ樹脂、ポリアミド樹脂、ポリイミドアミド樹脂、シロキサン樹脂、ベンゾシクロブテン系樹脂、フェノール樹脂、及びこれら樹脂の前駆体等を適用することができる。また、層 1 2 8 として、感光性の樹脂を用いることができる。感光性の樹脂は、ポジ型の材料、またはネガ型の材料を用いることができる。

[0 4 1 4]

感光性の樹脂を用いることにより、露光及び現像の工程のみで層 1 2 8 を作製することができ、ドライエッチング、あるいはウェットエッチング等による導電層 1 1 5 a、導電層 1 1 5 b、導電層 1 1 5 d の表面への影響を低減することができる。また、ネガ型の感光性樹脂を用いて層 1 2 8 を形成することにより、絶縁層 1 0 5 及び絶縁層 1 0 6 の開口の形成に用いるフォトマスク（露光マスク）と同一のフォトマスクを用いて、層 1 2 8 を形成できる場合がある。

[0 4 1 5]

導電層 1 2 9 a の上面及び側面は、有機層 1 1 2 R によって覆われている。同様に、導電層 1 2 9 b の上面及び側面は、有機層 1 1 2 G によって覆われている。また、導電層 1 2 9 d の上面及び側面は、P S 層 1 5 5 S によって覆われている。したがって、導電層 1 2 7 a、導電層 1 2 7 b、導電層 1 2 7 d が設けられている領域全体を、発光素子 1 1 0 a、発光素子 1 1 0 b、受光素子 1 1 0 d の発光領域または受光領域として用いることができるため、画素の開口率を高めることができる。

[0 4 1 6]

また、発光素子 1 1 0 a、発光素子 1 1 0 b、及び、受光素子 1 1 0 d 上にはそれぞれ、保護層 1 2 1 が設けられている。発光素子を覆う保護層 1 2 1 を設けることで、発光素子に水などの不純物が入り込むことを抑制し、発光素子の信頼性を高めることができる。

[0 4 1 7]

保護層 1 2 1 と基板 1 7 0 は接着層 1 4 2 を介して接着されている。発光素子の封止には、固体封止構造または中空封止構造などが適用できる。図 1 9 A では、基板 1 7 0 と基板 1 5 1 との間の空間が、接着層 1 4 2 で充填されており、固体封止構造が適用されている。または、当該空間を不活性ガス（窒素またはアルゴンなど）で充填し、中空封止構造を適用してもよい。このとき、接着層 1 4 2 は、発光素子と重ならないように設けられていてもよい。また、当該空間を、枠状に設けられた接着層 1 4 2 とは異なる樹脂で充填してもよい。接着層 1 4 2 として、接着層 1 7 1 の記載を参照することができる。

[0 4 1 8]

接続部 1 4 0 においては、絶縁層 1 0 5 及び絶縁層 1 0 6 上に導電層 1 2 3 が設けられている。導電層 1 2 3 は、導電層 1 1 5 a、導電層 1 1 5 b、導電層 1 1 5 d と同一の導電膜を加工して得られた導電膜と、導電層 1 2 7 a、導電層 1 2 7 b、導電層 1 2 7 d と同一の導電膜を加工して得られた導電膜と、導電層 1 2 9 a、導電層 1 2 9 b、導電層 1 2 9 d と同一の導電膜を加工して得られた導電膜と、の積層構造である例を示す。導電層 1 2 3 の端部は、絶縁層 1 1 8 a、絶縁層 1 2

5、及び、樹脂層 1 2 6 によって覆われている。また、導電層 1 2 3 上には共通層 1 1 4 が設けられ、共通層 1 1 4 上には共通電極 1 1 3 が設けられている。導電層 1 2 3 と共通電極 1 1 3 は共通層 1 1 4 を介して電氣的に接続される。なお、接続部 1 4 0 には、共通層 1 1 4 が形成されていなくてもよい。この場合、導電層 1 2 3 と共通電極 1 1 3 とが直接接して電氣的に接続される。絶縁層 1 0 5 には、導電層 1 2 3 と重なる領域を有する凹部 1 7 5 が設けられている。また、導電層 1 2 3 の側面及び上面を覆うように絶縁層 1 1 8 g が設けられている。絶縁層 1 1 8 g は、絶縁層 1 1 8 a、絶縁層 1 1 8 b、絶縁層 1 1 8 c（図示せず）、絶縁層 1 1 8 d 等と同一の絶縁膜を加工して形成することができる。接続部 1 4 0 において、導電層 1 2 3 の側面及び上面を覆うように絶縁層 1 1 8 g が設けられることにより、導電層 1 2 3 において、絶縁層 1 0 6 と導電層 1 2 3 の密着性が向上する場合がある。

[0 4 1 9]

表示装置 2 0 0 H は、トップエミッション型である。発光素子が発する光は、基板 1 7 0 側に射出される。基板 1 7 0 には、可視光に対する透過性が高い材料を用いることが好ましい。画素電極は可視光を反射する材料を含み、対向電極（共通電極 1 1 3）は可視光を透過する材料を含む。

[0 4 2 0]

基板 1 5 1 から絶縁層 2 1 5 までの積層構造が、実施の形態 1 におけるトランジスタを含む基板 1 0 1 に相当する。

[0 4 2 1]

トランジスタ 2 0 1 及びトランジスタ 2 0 5 は、いずれも基板 1 5 1 上に形成されている。これらのトランジスタは、同一の材料及び同一の工程により作製することができる。

[0 4 2 2]

基板 1 5 1 上には、絶縁層 2 1 1、絶縁層 2 1 3、絶縁層 2 1 5、絶縁層 1 0 5、及び絶縁層 1 0 6 がこの順で設けられている。

[0 4 2 3]

絶縁層 1 0 5 及び絶縁層 1 0 6 については、実施の形態 1 の記載を参照することができる。

[0 4 2 4]

絶縁層 2 1 1 は、その一部が各トランジスタのゲート絶縁層として機能する。絶縁層 2 1 3 は、その一部が各トランジスタのゲート絶縁層として機能する。絶縁層 2 1 5 は、トランジスタを覆って設けられる。絶縁層 1 0 5 は、トランジスタを覆って設けられ、平坦化層としての機能を有する。なお、ゲート絶縁層の数及びトランジスタを覆う絶縁層の数は限定されず、それぞれ単層であっても 2 層以上であってもよい。

[0 4 2 5]

トランジスタを覆う絶縁層の少なくとも一層に、水及び水素などの不純物が拡散しにくい材料を用いることが好ましい。これにより、絶縁層をバリア層として機能させることができる。このような構成とすることで、トランジスタに外部から不純物が拡散することを効果的に抑制でき、表示装置の信頼性を高めることができる。

[0 4 2 6]

絶縁層 2 1 1、絶縁層 2 1 3、及び絶縁層 2 1 5 としては、それぞれ、無機絶縁膜を用いることが好ましい。無機絶縁膜としては、例えば、窒化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜、酸化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜、酸化アルミニウム膜、窒化アルミニウム膜などを用いることができる。また、

酸化ハフニウム膜、酸化イットリウム膜、酸化ジルコニウム膜、酸化ガリウム膜、酸化タンタル膜、酸化マグネシウム膜、酸化ランタン膜、酸化セリウム膜、及び酸化ネオジム膜等を用いてもよい。また、上述の絶縁膜を2以上積層して用いてもよい。

[0427]

トランジスタ201及びトランジスタ205は、ゲートとして機能する導電層221、ゲート絶縁層として機能する絶縁層211、ソース及びドレインとして機能する導電層222a及び導電層222b、半導体層231、ゲート絶縁層として機能する絶縁層213、並びに、ゲートとして機能する導電層223を有する。ここでは、同一の導電膜を加工して得られる複数の層に、同じハッチングパターンを付している。絶縁層211は、導電層221と半導体層231との間に位置する。絶縁層213は、導電層223と半導体層231との間に位置する。

[0428]

本実施の形態の表示装置が有するトランジスタの構造は特に限定されない。例えば、プレーナ型のトランジスタ、スタガ型のトランジスタ、逆スタガ型のトランジスタ等を用いることができる。また、トップゲート型またはボトムゲート型のいずれのトランジスタ構造としてもよい。または、チャネルが形成される半導体層の上下にゲートが設けられていてもよい。

[0429]

トランジスタ201及びトランジスタ205には、チャネルが形成される半導体層を2つのゲートで挟持する構成が適用されている。2つのゲートを接続し、これらに同一の信号を供給することによりトランジスタを駆動してもよい。または、2つのゲートのうち、一方に閾値電圧を制御するための電位を与え、他方に駆動のための電位を与えることで、トランジスタの閾値電圧を制御してもよい。

[0430]

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

[0431]

トランジスタの半導体層は、金属酸化物（酸化物半導体ともいう）を有することが好ましい。つまり、本実施の形態の表示装置は、金属酸化物をチャネル形成領域に用いたトランジスタ（以下、OSトランジスタ）を用いることが好ましい。

[0432]

結晶性を有する酸化物半導体としては、CAAC（c-axis-aligned crystalline）-OS、nc（nanocrystalline）-OS等が挙げられる。

[0433]

または、シリコンをチャネル形成領域に用いたトランジスタ（Siトランジスタ）を用いてもよい。シリコンとしては、単結晶シリコン、多結晶シリコン、非晶質シリコン等が挙げられる。特に、半導体層に低温ポリシリコン（LTPS（Low Temperature Poly Silicon））を有するトランジスタ（以下、LTPSトランジスタともいう）を用いることができる。LTPSトランジスタは、電界効果移動度が高く、周波数特性が良好である。

[0434]

LTPSトランジスタ等のSiトランジスタを適用することで、高周波数で駆動する必要のある回路（例えばソースドライバ回路）を表示部と同一基板上に作り込むことができる。これにより、表示装置に実装される外部回路を簡略化でき、部品コスト及び実装コストを削減することができる。

[0435]

OSトランジスタは、非晶質シリコンを用いたトランジスタと比較して電界効果移動度が極めて高い。また、OSトランジスタは、オフ状態におけるソースドレイン間のリーク電流（以下、オフ電流ともいう）が著しく小さく、当該トランジスタと直列に接続された容量に蓄積した電荷を長期間に亘って保持することが可能である。また、OSトランジスタを適用することで、表示装置の消費電力を低減することができる。

[0436]

また、室温下における、チャネル幅 $1\ \mu\text{m}$ あたりのOSトランジスタのオフ電流値は、 $1\ \text{aA}$ ($1 \times 10^{-18}\text{A}$) 以下、 $1\ \text{zA}$ ($1 \times 10^{-21}\text{A}$) 以下、または $1\ \text{yA}$ ($1 \times 10^{-24}\text{A}$) 以下とすることができる。なお、室温下における、チャネル幅 $1\ \mu\text{m}$ あたりのSiトランジスタのオフ電流値は、 $1\ \text{fA}$ ($1 \times 10^{-15}\text{A}$) 以上 $1\ \text{pA}$ ($1 \times 10^{-12}\text{A}$) 以下である。したがって、OSトランジスタのオフ電流は、Siトランジスタのオフ電流よりも10桁程度低いともいえる。

[0437]

また、画素回路に含まれる発光素子の発光輝度を高くする場合、発光素子に流す電流量を大きくする必要がある。そのためには、画素回路に含まれている駆動トランジスタのソースドレイン間電圧を高くする必要がある。OSトランジスタは、Siトランジスタと比較して、ソースドレイン間において耐圧が高いため、OSトランジスタのソースドレイン間には高い電圧を印加することができる。したがって、画素回路に含まれる駆動トランジスタをOSトランジスタとすることで、発光素子に流れる電流量を大きくし、発光素子の発光輝度を高くすることができる。

[0438]

また、トランジスタが飽和領域で動作する場合において、OSトランジスタは、Siトランジスタよりも、ゲートソース間電圧の変化に対して、ソースドレイン間電流の変化を小さくすることができる。このため、画素回路に含まれる駆動トランジスタとしてOSトランジスタを適用することによって、ゲートソース間電圧の変化によって、ソースドレイン間に流れる電流を細かく定めることができるため、発光素子に流れる電流量を制御することができる。このため、画素回路における階調を大きくすることができる。

[0439]

また、トランジスタが飽和領域で動作するときに流れる電流の飽和特性において、OSトランジスタは、ソースドレイン間電圧が徐々に高くなった場合においても、Siトランジスタよりも安定した電流（飽和電流）を流すことができる。そのため、OSトランジスタを駆動トランジスタとして用いることで、例えば、ELデバイスの電流－電圧特性にばらつきが生じた場合においても、発光素子に安定した電流を流すことができる。つまり、OSトランジスタは、飽和領域で動作する場合において、ソースドレイン間電圧を高くしても、ソースドレイン間電流がほぼ変化しないため、発光素子の発光輝度を安定させることができる。

[0440]

上記のとおり、画素回路に含まれる駆動トランジスタにOSトランジスタを用いることで、「黒浮きの抑制」、「発光輝度の上昇」、「多階調化」、「発光素子のばらつきの抑制」などを図ること

ができる。

[0441]

半導体層は、例えば、インジウムと、M（Mは、ガリウム、アルミニウム、シリコン、ホウ素、イットリウム、スズ、銅、バナジウム、ベリリウム、チタン、鉄、ニッケル、ゲルマニウム、ジルコニウム、モリブデン、ランタン、セリウム、ネオジム、ハフニウム、タンタル、タングステン、及びマグネシウムから選ばれた一種または複数種）と、亜鉛と、を有することが好ましい。特に、Mは、アルミニウム、ガリウム、イットリウム、及びスズから選ばれた一種または複数種であることが好ましい。

[0442]

特に、半導体層として、インジウム（In）、ガリウム（Ga）、及び亜鉛（Zn）を含む酸化物（IGZOとも記す）を用いることが好ましい。または、インジウム、スズ、及び亜鉛を含む酸化物を用いることが好ましい。または、インジウム、ガリウム、スズ、及び亜鉛を含む酸化物を用いることが好ましい。または、インジウム（In）、アルミニウム（Al）、及び亜鉛（Zn）を含む酸化物（IAZOとも記す）を用いることが好ましい。または、インジウム（In）、アルミニウム（Al）、ガリウム（Ga）、及び亜鉛（Zn）を含む酸化物（IAGZOとも記す）を用いることが好ましい。

[0443]

半導体層がIn-M-Zn酸化物の場合、当該In-M-Zn酸化物におけるInの原子数比はMの原子数比以上であることが好ましい。このようなIn-M-Zn酸化物の金属元素の原子数比として、In:M:Zn=1:1:1またはその近傍の組成、In:M:Zn=1:1:1.2またはその近傍の組成、In:M:Zn=1:3:2またはその近傍の組成、In:M:Zn=1:3:4またはその近傍の組成、In:M:Zn=2:1:3またはその近傍の組成、In:M:Zn=3:1:2またはその近傍の組成、In:M:Zn=4:2:3またはその近傍の組成、In:M:Zn=4:2:4.1またはその近傍の組成、In:M:Zn=5:1:3またはその近傍の組成、In:M:Zn=5:1:6またはその近傍の組成、In:M:Zn=5:1:7またはその近傍の組成、In:M:Zn=5:1:8またはその近傍の組成、In:M:Zn=6:1:6またはその近傍の組成、In:M:Zn=5:2:5またはその近傍の組成、等が挙げられる。なお、近傍の組成とは、所望の原子数比の±30%の範囲を含む。

[0444]

例えば、原子数比がIn:Ga:Zn=4:2:3またはその近傍の組成と記載する場合、Inを4としたとき、Gaが1以上3以下であり、Znが2以上4以下である場合を含む。また、原子数比がIn:Ga:Zn=5:1:6またはその近傍の組成と記載する場合、Inを5としたときに、Gaが0.1より大きく2以下であり、Znが5以上7以下である場合を含む。また、原子数比がIn:Ga:Zn=1:1:1またはその近傍の組成と記載する場合、Inを1としたときに、Gaが0.1より大きく2以下であり、Znが0.1より大きく2以下である場合を含む。

[0445]

回路164が有するトランジスタと、表示部167が有するトランジスタは、同じ構造であってもよく、異なる構造であってもよい。回路164が有する複数のトランジスタの構造は、全て同じであってもよく、2種類以上であってもよい。同様に、表示部167が有する複数のトランジスタの構造は、全て同じであってもよく、2種類以上であってもよい。

[0446]

表示部167が有するトランジスタの全てをOSトランジスタとしてもよく、表示部167が有するトランジスタの全てをSiトランジスタとしてもよく、表示部167が有するトランジスタの一部をOSトランジスタとし、残りをSiトランジスタとしてもよい。

[0447]

例えば、表示部167にLTPTSトランジスタとOSトランジスタとの双方を用いることで、消費電力が低く、駆動能力の高い表示装置を実現することができる。また、LTPTSトランジスタと、OSトランジスタとを、組み合わせる構成をLTPOと呼称する場合がある。なお、より好適な例としては、配線間の導通、非導通を制御するためのスイッチとして機能するトランジスタ等にOSトランジスタを適用し、電流を制御するトランジスタ等にLTPTSトランジスタを適用することが好ましい。

[0448]

例えば、表示部167が有するトランジスタの一は、発光素子に流れる電流を制御するためのトランジスタとして機能し、駆動トランジスタとも呼ぶことができる。駆動トランジスタのソース及びドレインの一方は、発光素子の画素電極と電氣的に接続される。当該駆動トランジスタには、LTPTSトランジスタを用いることが好ましい。これにより、画素回路において発光素子に流れる電流を大きくできる。

[0449]

一方、表示部167が有するトランジスタの他の一は、画素の選択、非選択を制御するためのスイッチとして機能し、選択トランジスタとも呼ぶことができる。選択トランジスタのゲートはゲート線と電氣的に接続され、ソース及びドレインの一方は、ソース線（信号線）と電氣的に接続される。選択トランジスタには、OSトランジスタを適用することが好ましい。これにより、フレーム周波数を著しく小さく（例えば1fps以下）しても、画素の階調を維持することができるため、静止画を表示する際にドライバを停止することで、消費電力を低減することができる。

[0450]

このように本発明の一態様の表示装置は、高い開口率と、高い精細度と、高い表示品位と、低い消費電力と、を兼ね備えることができる。

[0451]

なお、本発明の一態様の表示装置は、OSトランジスタを有し、且つMML（メタルマスクレス）構造の発光素子を有する構成である。当該構成とすることで、トランジスタに流れうるリーク電流、及び隣接する発光素子間に流れうるリーク電流（横リーク電流、サイドリーク電流などともいう）を、極めて低くすることができる。また、上記構成とすることで、表示装置に画像を表示した場合に、観察者が画像のきれ、画像のすどさ、高い彩度、及び高いコントラスト比のいずれか一または複数を観測できる。なお、トランジスタに流れうるリーク電流、及び発光素子間の横リーク電流が極めて低い構成とすることで、黒表示時に生じうる光漏れなどが限りなく少ない表示とすることができる。

[0452]

図19B及び図19Cに、トランジスタの他の構成例を示す。

[0453]

トランジスタ209及びトランジスタ210は、ゲートとして機能する導電層221、ゲート絶縁

層として機能する絶縁層 2 1 1、チャネル形成領域 2 3 1 i 及び一対の低抵抗領域 2 3 1 n を有する半導体層 2 3 1、一対の低抵抗領域 2 3 1 n の一方と接続する導電層 2 2 2 a、一対の低抵抗領域 2 3 1 n の他方と接続する導電層 2 2 2 b、ゲート絶縁層として機能する絶縁層 2 2 5、ゲートとして機能する導電層 2 2 3、並びに、導電層 2 2 3 を覆う絶縁層 2 1 5 を有する。絶縁層 2 1 1 は、導電層 2 2 1 とチャネル形成領域 2 3 1 i との間に位置する。絶縁層 2 2 5 は、少なくとも導電層 2 2 3 とチャネル形成領域 2 3 1 i との間に位置する。さらに、トランジスタを覆う絶縁層 2 1 8 を設けてもよい。

[0 4 5 4]

図 1 9 B に示すトランジスタ 2 0 9 では、絶縁層 2 2 5 が半導体層 2 3 1 の上面及び側面を覆う例を示す。導電層 2 2 2 a 及び導電層 2 2 2 b は、それぞれ、絶縁層 2 2 5 及び絶縁層 2 1 5 に設けられた開口を介して低抵抗領域 2 3 1 n と接続される。導電層 2 2 2 a 及び導電層 2 2 2 b のうち、一方はソースとして機能し、他方はドレインとして機能する。

[0 4 5 5]

一方、図 1 9 C に示すトランジスタ 2 1 0 では、絶縁層 2 2 5 は、半導体層 2 3 1 のチャネル形成領域 2 3 1 i と重なり、低抵抗領域 2 3 1 n とは重ならない。例えば、導電層 2 2 3 をマスクとして絶縁層 2 2 5 を加工することで、図 1 9 C に示す構造を作製できる。図 1 9 C では、絶縁層 2 2 5 及び導電層 2 2 3 を覆って絶縁層 2 1 5 が設けられ、絶縁層 2 1 5 の開口を介して、導電層 2 2 2 a 及び導電層 2 2 2 b がそれぞれ低抵抗領域 2 3 1 n と接続されている。

[0 4 5 6]

基板 1 5 1 の、基板 1 7 0 が重ならない領域には、接続部 2 0 4 が設けられている。接続部 2 0 4 では、配線 1 6 5 が導電層 1 6 6 及び接続層 2 4 2 を介して F P C 1 7 2 と電気的に接続されている。導電層 1 6 6 は、導電層 1 1 5 a、導電層 1 1 5 b、導電層 1 1 5 d と同一の導電膜を加工して得られた導電膜と、導電層 1 2 7 a、導電層 1 2 7 b、導電層 1 2 7 d と同一の導電膜を加工して得られた導電膜と、導電層 1 2 9 a、導電層 1 2 9 b、導電層 1 2 9 d と同一の導電膜を加工して得られた導電膜と、の積層構造である例を示す。接続部 2 0 4 の上面では、導電層 1 6 6 が露出している。これにより、接続部 2 0 4 と F P C 1 7 2 とを接続層 2 4 2 を介して電気的に接続することができる。また図 1 9 A には、接続層 2 4 2 が設けられる領域の周辺には凹部 1 7 5 が設けられない例を示すが、接続層 2 4 2 が設けられる領域の周辺に凹部 1 7 5 が設けられる構成としてもよい。このような構成においては、上面視において例えば、接続層 2 4 2 を囲むように凹部 1 7 5 が設けられる。

[0 4 5 7]

基板 1 7 0 の基板 1 5 1 側の面には、遮光層 1 1 7 を設けることが好ましい。遮光層 1 1 7 は、隣り合う発光素子の間、接続部 1 4 0、及び、回路 1 6 4 などに設けることができる。また、基板 1 7 0 の外側には各種光学部材を配置することができる。

[0 4 5 8]

基板 1 5 1 及び基板 1 7 0 としては、それぞれ、ガラス基板、石英基板、サファイア基板、セラミックス基板、金属、合金、半導体などが挙げられる。また、シリコンまたは炭化シリコンなどを材料とした単結晶半導体基板、多結晶半導体基板、シリコンゲルマニウム等の化合物半導体基板、S O I 基板などの半導体基板を用いることができる。基板として可撓性を有する材料を用いると、表示装置の可撓性を高めることができる。また、基板として偏光板を用いてもよい。

[0459]

基板として、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリエチレンナフタレート（PEN）等のポリエステル樹脂、ポリアクリロニトリル樹脂、アクリル樹脂、ポリイミド樹脂、ポリメチルメタクリレート樹脂、ポリカーボネート（PC）樹脂、ポリエーテルスルホン（PES）樹脂、ポリアミド樹脂（ナイロン、アラミド等）、ポリシロキサン樹脂、シクロオレフィン樹脂、ポリスチレン樹脂、ポリアミドイミド樹脂、ポリウレタン樹脂、ポリ塩化ビニル樹脂、ポリ塩化ビニリデン樹脂、ポリプロピレン樹脂、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）樹脂、ABS樹脂、セルロースナノファイバー等を用いることができる。基板として、可撓性を有する程度の厚さのガラスを用いてもよい。

[0460]

なお、表示装置に円偏光板を重ねる場合、表示装置が有する基板には、光学等方性の高い基板を用いることが好ましい。光学等方性が高い基板は、複屈折が小さい（複屈折量が小さい、ともいえる）。

[0461]

光学等方性が高い基板のリタデーション（位相差）値の絶対値は、30nm以下が好ましく、20nm以下がより好ましく、10nm以下がさらに好ましい。

[0462]

光学等方性が高いフィルムとしては、トリアセチルセルロース（TAC、セルローストリアセテートともいう）フィルム、シクロオレフィンポリマー（COP）フィルム、シクロオレフィンコポリマー（COC）フィルム、及びアクリルフィルム等が挙げられる。

[0463]

また、基板としてフィルムを用いる場合、フィルムが吸水することで、表示装置にしわが発生するなどの形状変化が生じる恐れがある。そのため、基板には、吸水率の低いフィルムを用いることが好ましい。例えば、吸水率が1%以下のフィルムを用いることが好ましく、0.1%以下のフィルムを用いることがより好ましく、0.01%以下のフィルムを用いることがさらに好ましい。

[0464]

接続層242としては、異方性導電フィルム（ACF: Anisotropic Conductive Film）、異方性導電ペースト（ACP: Anisotropic Conductive Paste）などを用いることができる。

[0465]

[表示装置の構成例]

図20Aに、表示装置400のブロック図を示す。表示装置400は、表示部404、駆動回路部402、駆動回路部403などを有する。

[0466]

表示部404は、マトリクス状に配置された複数の画素430を有する。画素430は、副画素405R、副画素405G、及び副画素405Bを有する。副画素405R、副画素405G、及び副画素405Bは、それぞれ表示デバイスとして機能する発光素子を有する。

[0467]

画素430は、配線GL、配線SLR、配線SLG、及び配線SLBと電氣的に接続されている。配線SLR、配線SLG、及び配線SLBは、それぞれ駆動回路部402と電氣的に接続されてい

る。配線GLは、駆動回路部403と電氣的に接続されている。駆動回路部402は、ソース線駆動回路（ソースドライバともいう）として機能し、駆動回路部403は、ゲート線駆動回路（ゲートドライバともいう）として機能する。配線GLは、ゲート線として機能し、配線SLR、配線SLG、及び配線SLBは、それぞれソース線として機能する。

[0468]

副画素405Rは、赤色の光を呈する発光素子を有する。副画素405Gは、緑色の光を呈する発光素子を有する。副画素405Bは、青色の光を呈する発光素子を有する。これにより、表示装置400はフルカラーの表示を行うことができる。なお、画素430は、他の色の光を呈する発光素子を有する副画素を有していてもよい。例えば画素430は、上記3つの副画素に加えて、白色の光を呈する発光素子を有する副画素、または黄色の光を呈する発光素子を有する副画素などを有していてもよい。

[0469]

配線GLは、行方向（配線GLの延伸方向）に配列する副画素405R、副画素405G、及び副画素405Bと電氣的に接続されている。配線SLR、配線SLG、及び配線SLBは、それぞれ、列方向（配線SLR等の延伸方向）に配列する副画素405R、副画素405G、または副画素405B（図示しない）と電氣的に接続されている。

[0470]

〔画素回路の構成例〕

図20Bに、上記副画素405R、副画素405G、及び副画素405Bに適用することのできる画素405の回路図の一例を示す。画素405は、トランジスタM1、トランジスタM2、トランジスタM3、容量C1、及び発光素子ELを有する。また、画素405には、配線GL及び配線SLが電氣的に接続される。配線SLは、図20Aで示した配線SLR、配線SLG、及び配線SLBのうちのいずれかに対応する。

[0471]

トランジスタM1は、ゲートが配線GLと電氣的に接続され、ソース及びドレインの一方が配線SLと電氣的に接続され、他方が容量C1の一方の電極、及びトランジスタM2のゲートと電氣的に接続される。トランジスタM2は、ソース及びドレインの一方が配線ALと電氣的に接続され、ソース及びドレインの他方が発光素子ELの一方の電極、容量C1の他方の電極、及びトランジスタM3のソース及びドレインの一方と電氣的に接続される。トランジスタM3は、ゲートが配線GLと電氣的に接続され、ソース及びドレインの他方が配線RLと電氣的に接続される。発光素子ELは、他方の電極が配線CLと電氣的に接続される。

[0472]

配線SLには、データ電位が与えられる。配線GLには、選択信号が与えられる。当該選択信号には、トランジスタを導通状態とする電位と、非導通状態とする電位が含まれる。

[0473]

配線RLには、リセット電位が与えられる。配線ALには、アノード電位が与えられる。配線CLには、カソード電位が与えられる。画素405において、アノード電位はカソード電位よりも高い電位とする。また、配線RLに与えられるリセット電位は、リセット電位とカソード電位との電位差が、発光素子ELのしきい値電圧よりも小さくなるような電位とすることができる。リセット電位は、カソード電位よりも高い電位、カソード電位と同じ電位、または、カソード電位よりも低い

電位とすることができる。

[0474]

トランジスタM1及びトランジスタM3は、スイッチとして機能する。トランジスタM2は、発光素子ELに流れる電流を制御するためのトランジスタとして機能する。例えば、トランジスタM1は選択トランジスタとして機能し、トランジスタM2は、駆動トランジスタとして機能するともいえる。

[0475]

ここで、トランジスタM1乃至トランジスタM3の全てに、LTPSトランジスタを適用することが好ましい。または、トランジスタM1及びトランジスタM3にOSトランジスタを適用し、トランジスタM2にLTPSトランジスタを適用することが好ましい。

[0476]

または、トランジスタM1乃至トランジスタM3のすべてに、OSトランジスタを適用してもよい。このとき、駆動回路部402が有する複数のトランジスタ、及び駆動回路部403が有する複数のトランジスタのうち、一以上にLTPSトランジスタを適用し、他のトランジスタにOSトランジスタを適用する構成とすることができる。例えば、表示部404に設けられるトランジスタにはOSトランジスタを適用し、駆動回路部402及び駆動回路部403に設けられるトランジスタにはLTPSトランジスタを適用することもできる。

[0477]

OSトランジスタとしては、チャネルが形成される半導体層に酸化物半導体を用いたトランジスタを用いることができる。半導体層は、例えば、インジウムと、M（Mは、ガリウム、アルミニウム、シリコン、ホウ素、イットリウム、スズ、銅、バナジウム、ベリリウム、チタン、鉄、ニッケル、ゲルマニウム、ジルコニウム、モリブデン、ランタン、セリウム、ネオジム、ハフニウム、タンタル、タングステン、及びマグネシウムから選ばれた一種または複数種）と、亜鉛と、を有することが好ましい。特に、Mは、アルミニウム、ガリウム、イットリウム、及びスズから選ばれた一種または複数種であることが好ましい。特に、OSトランジスタの半導体層として、インジウム、ガリウム、及び亜鉛を含む酸化物（IGZOとも記す）を用いることが好ましい。または、インジウム、スズ、及び亜鉛を含む酸化物を用いることが好ましい。または、インジウム、ガリウム、スズ、及び亜鉛を含む酸化物を用いることが好ましい。

[0478]

シリコンよりもバンドギャップが広く、かつキャリア密度の小さい酸化物半導体を用いたトランジスタは、極めて小さいオフ電流を実現することができる。そのため、その小さいオフ電流により、トランジスタと直列に接続された容量に蓄積した電荷を長期間に亘って保持することが可能である。そのため、特に容量C1に直列に接続されるトランジスタM1及びトランジスタM3には、それぞれ、酸化物半導体が適用されたトランジスタを用いることが好ましい。トランジスタM1及びトランジスタM3として酸化物半導体を有するトランジスタを適用することで、容量C1に保持される電荷が、トランジスタM1またはトランジスタM3を介してリークされることを防ぐことができる。また、容量C1に保持される電荷を長時間に亘って保持できるため、画素405のデータを書き換えることなく、静止画を長期間に亘って表示することが可能となる。

[0479]

なお、図20Bにおいて、トランジスタをnチャネル型のトランジスタとして表記しているが、p

チャネル型のトランジスタを用いることもできる。

[0480]

また、画素405が有する各トランジスタは、同一基板上に並べて形成されることが好ましい。

[0481]

画素405が有するトランジスタとして、半導体層を介して重なる一对のゲートを有するトランジスタを適用することができる。

[0482]

一对のゲートを有するトランジスタにおいて、一对のゲートが互いに電氣的に接続され、同じ電位が与えられる構成とすることで、トランジスタのオン電流が高まること、及び飽和特性が向上するといった利点がある。また、一对のゲートの一方に、トランジスタのしきい値電圧を制御する電位を与えてもよい。また、一对のゲートの一方に、定電位を与えることで、トランジスタの電気特性の安定性を向上させることができる。例えば、トランジスタの一方のゲートを、定電位が与えられる配線と電氣的に接続する構成としてもよいし、自身のソースまたはドレインと電氣的に接続する構成としてもよい。

[0483]

図20Cに示す画素405は、トランジスタM1及びトランジスタM3に、一对のゲートを有するトランジスタを適用した場合の例である。トランジスタM1及びトランジスタM3は、それぞれ一对のゲートが電氣的に接続されている。このような構成とすることで、画素405へのデータの書き込み期間を短縮することができる。

[0484]

図20Dに示す画素405は、トランジスタM1及びトランジスタM3に加えて、トランジスタM2にも、一对のゲートを有するトランジスタを適用した例である。トランジスタM2は、一对のゲートが電氣的に接続されている。トランジスタM2に、このようなトランジスタを適用することで、飽和特性が向上するため、発光素子ELの発光輝度の制御が容易となり、表示品位を高めることができる。

[0485]

(実施の形態3)

本実施の形態では、本発明の一態様の表示装置に用いることができる発光素子について説明する。

[0486]

図21Aに示すように、発光素子は、一对の電極（下部電極761及び上部電極762）の間に、EL層763を有する。EL層763は、層780、発光層771、及び、層790などの複数の層で構成することができる。

[0487]

発光層771は、少なくとも発光物質（発光材料ともいう）を有する。

[0488]

下部電極761が陽極であり、上部電極762が陰極である場合、層780は、正孔注入性の高い物質を含む層（正孔注入層）、正孔輸送性の高い物質を含む層（正孔輸送層）、及び、電子ブロック性の高い物質を含む層（電子ブロック層）のうち一つまたは複数を有する。また、層790は、電子注入性の高い物質を含む層（電子注入層）、電子輸送性の高い物質を含む層（電子輸送層）、及び、正孔ブロック性の高い物質を含む層（正孔ブロック層）のうち一つまたは複数を有する。下

部電極 761 が陰極であり、上部電極 762 が陽極である場合、層 780 と層 790 は互いに上記と逆の構成になる。

[0489]

一对の電極間に設けられた層 780、発光層 771、及び層 790 を有する構成は単一の発光ユニットとして機能することができ、本明細書では図 21A の構成をシングル構造と呼ぶ。

[0490]

また、図 21B は、図 21A に示す発光素子が有する EL 層 763 の変形例である。具体的には、図 21B に示す発光素子は、下部電極 761 上の層 781 と、層 781 上の層 782 と、層 782 上の発光層 771 と、発光層 771 上の層 791 と、層 791 上の層 792 と、層 792 上の上部電極 762 と、を有する。

[0491]

下部電極 761 が陽極であり、上部電極 762 が陰極である場合、例えば、層 781 を正孔注入層、層 782 を正孔輸送層、層 791 を電子輸送層、層 792 を電子注入層とすることができる。また、下部電極 761 が陰極であり、上部電極 762 が陽極である場合、層 781 を電子注入層、層 782 を電子輸送層、層 791 を正孔輸送層、層 792 を正孔注入層とすることができる。このような層構造とすることで、発光層 771 に効率よくキャリアを注入し、発光層 771 内におけるキャリアの再結合の効率を高めることができる。

[0492]

なお、図 21C 及び図 21D に示すように、層 780 と層 790 との間に複数の発光層（発光層 771、発光層 772、発光層 773）が設けられる構成もシングル構造のバリエーションである。なお、図 21C 及び図 21D では、発光層を 3 層有する例を示すが、シングル構造の発光素子における発光層は、2 層であってもよく、4 層以上であってもよい。また、シングル構造の発光素子は、2 つの発光層の間に、バッファ層を有していてもよい。

[0493]

また、図 21E 及び図 21F に示すように、複数の発光ユニット（発光ユニット 763a 及び発光ユニット 763b）が電荷発生層 785（中間層ともいう）を介して直列に接続された構成を本明細書ではタンデム構造と呼ぶ。なお、タンデム構造をスタック構造と呼んでもよい。タンデム構造とすることで、高輝度発光が可能な発光素子とすることができる。また、タンデム構造は、シングル構造と比べて、同じ輝度を得るために必要な電流を低減できるため、信頼性を高めることができる。

[0494]

なお、図 21D 及び図 21F は、表示装置が、発光素子と重なる層 764 を有する例である。図 21D は、層 764 が、図 21C に示す発光素子と重なる例であり、図 21F は、層 764 が、図 21E に示す発光素子と重なる例である。図 21D 及び図 21F では、上部電極 762 側に光を取り出すため、上部電極 762 には、可視光を透過する導電膜を用いる。

[0495]

層 764 としては、色変換層及びカラーフィルタ（着色層）の一方または双方を用いることができる。

[0496]

例えば、シングル構造の発光素子が 3 層の発光層を有する場合、赤色（R）の光を発する発光物質

を有する発光層、緑色（G）の光を発する発光物質を有する発光層、及び、青色（B）の光を発する発光物質を有する発光層を有することが好ましい。発光層の積層順としては、陽極側から、R、G、B、または、陽極側からR、B、Gなどとすることができる。このとき、RとGまたはBとの間にバッファ層が設けられていてもよい。

[0497]

また、例えば、シングル構造の発光素子が2層の発光層を有する場合、青色（B）の光を発する発光物質を有する発光層、及び、黄色（Y）の光を発する発光物質を有する発光層を有する構成が好ましい。当該構成をBYシングル構造と呼称する場合がある。

[0498]

白色の光を発する発光素子は、2種類以上の発光物質を含むことが好ましい。白色発光を得るには、2以上の発光物質の各々の発光が補色の関係となるような発光物質を選択すればよい。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、発光素子全体として白色発光する発光素子を得ることができる。また、発光層を3つ以上有する発光素子の場合も同様である。

[0499]

なお、図21C、図21Dにおいても、図21Bに示すように、層780と、層790とを、それぞれ独立に、2層以上の層からなる積層構造としてもよい。

[0500]

また、各色の光を呈する副画素に、図21Eまたは図21Fに示す構成の発光素子を用いる場合、副画素によって、異なる発光物質を用いてもよい。具体的には、赤色の光を呈する副画素が有する発光素子において、発光層771と、発光層772に、それぞれ赤色の光を発する発光物質を用いてもよい。同様に、緑色の光を呈する副画素が有する発光素子において、発光層771と、発光層772に、それぞれ緑色の光を発する発光物質を用いてもよい。青色の光を呈する副画素が有する発光素子において、発光層771と、発光層772に、それぞれ青色の光を発する発光物質を用いてもよい。このような構成の表示装置は、タンデム構造の発光素子が適用されており、かつ、SBS構造であるといえる。そのため、タンデム構造のメリットと、SBS構造のメリットの両方を併せ持つことができる。これにより、高輝度発光が可能であり、信頼性の高い発光素子を実現することができる。

[0501]

なお、図21E及び図21Fにおいて、発光ユニット763aが1層の発光層771を有し、発光ユニット763bが1層の発光層772を有する例を示すが、これに限られない。発光ユニット763a及び発光ユニット763bは、それぞれ、2層以上の発光層を有していてもよい。

[0502]

また、図21E及び図21Fでは、発光ユニットを2つ有する発光素子を例示したが、これに限られない。発光素子は、発光ユニットを3つ以上有していてもよい。なお、発光ユニットを2つ有する構成を2段タンデム構造と、発光ユニットを3つ有する構成を3段タンデム構造と、それぞれ呼称してもよい。

[0503]

また、図21E及び図21Fにおいて、発光ユニット763aは、層780a、発光層771、及び、層790aを有し、発光ユニット763bは、層780b、発光層772、及び、層790b

を有する。

[0504]

下部電極761が陽極であり、上部電極762が陰極である場合、層780a及び層780bは、それぞれ、正孔注入層、正孔輸送層、及び、電子ブロック層のうち一つまたは複数を有する。また、層790a及び層790bは、それぞれ、電子注入層、電子輸送層、及び、正孔ブロック層のうち一つまたは複数を有する。下部電極761が陰極であり、上部電極762が陽極である場合、層780aと層790aは互いに上記と逆の構成になり、層780bと層790bも互いに上記と逆の構成になる。

[0505]

下部電極761が陽極であり、上部電極762が陰極である場合、例えば、層780aは、正孔注入層と、正孔注入層上の正孔輸送層と、を有し、さらに、正孔輸送層上の電子ブロック層を有していてもよい。また、層790aは、電子輸送層を有し、さらに、発光層771と電子輸送層との間の正孔ブロック層を有していてもよい。また、層780bは、正孔輸送層を有し、さらに、正孔輸送層上の電子ブロック層を有していてもよい。また、層790bは、電子輸送層と、電子輸送層上の電子注入層と、を有し、さらに、発光層772と電子輸送層との間の正孔ブロック層を有していてもよい。下部電極761が陰極であり、上部電極762が陽極である場合、例えば、層780aは、電子注入層と、電子注入層上の電子輸送層と、を有し、さらに、電子輸送層上の正孔ブロック層を有していてもよい。また、層790aは、正孔輸送層を有し、さらに、発光層771と正孔輸送層との間の電子ブロック層を有していてもよい。また、層780bは、電子輸送層を有し、さらに、電子輸送層上の正孔ブロック層を有していてもよい。また、層790bは、正孔輸送層と、正孔輸送層上の正孔注入層と、を有し、さらに、発光層772と正孔輸送層との間の電子ブロック層を有していてもよい。

[0506]

また、タンデム構造の発光素子を作製する場合、2つの発光ユニットは、電荷発生層785を介して積層される。電荷発生層785は、少なくとも電荷発生領域を有する。電荷発生層785は、一対の電極間に電圧を印加したときに、2つの発光ユニットの一方に電子を注入し、他方に正孔を注入する機能を有する。

[0507]

また、タンデム構造の発光素子の一例として、図22A乃至図22Cに示す構成が挙げられる。

[0508]

図22Aは、発光ユニットを3つ有する構成である。図22Aでは、複数の発光ユニット（発光ユニット763a、発光ユニット763b、及び発光ユニット763c）がそれぞれ電荷発生層785を介して、直列に接続されている。また、発光ユニット763aは、層780aと、発光層771と、層790aと、を有し、発光ユニット763bは、層780bと、発光層772と、層790bと、を有し、発光ユニット763cは、層780cと、発光層773と、層790cと、を有する。なお、層780cは、層780a及び層780bに適用可能な構成を用いることができ、層790cは、層790a及び層790bに適用可能な構成を用いることができる。

[0509]

図22Aにおいて、発光層771、発光層772、及び発光層773は、同じ色の光を発する発光物質を有すると好ましい。具体的には、発光層771、発光層772、及び発光層773が、それ

ぞれ赤色（R）の発光物質を有する構成（いわゆるR\R\Rの3段タンデム構造）、発光層771、発光層772、及び発光層773が、それぞれ緑色（G）の発光物質を有する構成（いわゆるG\G\Gの3段タンデム構造）、または発光層771、発光層772、及び発光層773が、それぞれ青色（B）の発光物質を有する構成（いわゆるB\B\Bの3段タンデム構造）とすることができる。なお、「a\b」は、aの光を発する発光物質を有する発光ユニット上に、電荷発生層を介して、bの光を発する発光物質を有する発光ユニットが設けられていることを意味し、a、bは、色を意味する。

[0510]

また、図22Aにおいて、発光層771、発光層772、及び発光層773のうち、一部または全てに異なる色の光を発する発光物質を用いてもよい。発光層771、発光層772、及び発光層773の発光色の組み合わせは、例えば、いずれか2つが青色（B）、残りの一つが黄色（Y）の構成、並びに、いずれか一つが赤色（R）、他の一つが緑色（G）、残りの一つが青色（B）の構成が挙げられる。

[0511]

なお、それぞれ同じ色の光を発する発光物質としては、上記の構成に限定されない。例えば、図22Bに示すように、複数の発光層を有する発光ユニットを積層したタンデム型の発光素子としてもよい。図22Bは、2つの発光ユニット（発光ユニット763a、及び発光ユニット763b）が電荷発生層785を介して直列に接続された構成である。また、発光ユニット763aは、層780aと、発光層771a、発光層771b、及び発光層771cと、層790aと、を有し、発光ユニット763bは、層780bと、発光層772a、発光層772b、及び発光層772cと、層790bと、を有する。

[0512]

図22Bにおいては、発光層771a、発光層771b、及び発光層771cについて、補色の関係となる発光物質を選択し、発光ユニット763aを白色発光（W）が可能な構成とする。また、発光層772a、発光層772b、及び発光層772cについても、補色の関係となる発光物質を選択し、発光ユニット763bを白色発光（W）が可能な構成とする。すなわち、図22Bに示す構成は、W\Wの2段タンデム構造である。なお、補色関係となる発光物質の積層順については、特に限定はない。実施者が適宜最適な積層順を選択することができる。また、図示しないが、W\W\Wの3段タンデム構造、または4段以上のタンデム構造としてもよい。

[0513]

また、タンデム構造の発光素子を用いる場合、黄色（Y）の光を発する発光ユニットと、青色（B）の光を発する発光ユニットとを有するB\YまたはY\Bの2段タンデム構造、赤色（R）と緑色（G）の光を発する発光ユニットと、青色（B）の光を発する発光ユニットとを有するR\G\BまたはB\R\Gの2段タンデム構造、青色（B）の光を発する発光ユニットと、黄色（Y）の光を発する発光ユニットと、青色（B）の光を発する発光ユニットとをこの順で有するB\Y\Bの3段タンデム構造、青色（B）の光を発する発光ユニットと、黄緑色（YG）の光を発する発光ユニットと、青色（B）の光を発する発光ユニットとをこの順で有するB\YG\Bの3段タンデム構造、青色（B）の光を発する発光ユニットと、緑色（G）の光を発する発光ユニットと、青色（B）の光を発する発光ユニットとをこの順で有するB\G\Bの3段タンデム構造などが挙げられる。なお、「a・b」は、1つの発光ユニットにaの光を発する発光物質とbの光を発する発光

物質とを有することを意味する。

[0514]

また、図22Cに示すように、1つの発光層を有する発光ユニットと、複数の発光層を有する発光ユニットと、を組み合わせてもよい。

[0515]

具体的には、図22Cに示す構成においては、複数の発光ユニット（発光ユニット763a、発光ユニット763b、及び発光ユニット763c）がそれぞれ電荷発生層785を介して直列に接続された構成である。また、発光ユニット763aは、層780aと、発光層771と、層790aと、を有し、発光ユニット763bは、層780bと、発光層772a、発光層772b、及び発光層772cと、層790bと、を有し、発光ユニット763cは、層780cと、発光層773と、層790cと、を有する。

[0516]

例えば、図22Cに示す構成において、発光ユニット763aが青色（B）の光を発する発光ユニットであり、発光ユニット763bが赤色（R）、緑色（G）、及び黄緑色（YG）の光を発する発光ユニットであり、発光ユニット763cが青色（B）の光を発する発光ユニットである、B\R・G・YG\Bの3段タンデム構造などを適用することができる。

[0517]

例えば、発光ユニットの積層数と色の順番としては、陽極側から、B、Yの2段構造、Bと発光ユニットXとの2段構造、B、Y、Bの3段構造、B、X、Bの3段構造が挙げられ、発光ユニットXにおける発光層の積層数と色の順番としては、陽極側から、R、Yの2層構造、R、Gの2層構造、G、Rの2層構造、G、R、Gの3層構造、または、R、G、Rの3層構造などとしてすることができる。また、2つの発光層の間に他の層が設けられていてもよい。

[0518]

次に、発光素子に用いることができる材料について説明する。

[0519]

下部電極761と上部電極762のうち、光を取り出す側の電極には、可視光を透過する導電膜を用いる。また、光を取り出さない側の電極には、可視光を反射する導電膜を用いることが好ましい。また、表示装置が赤外光を発する発光素子を有する場合には、光を取り出す側の電極には、可視光及び赤外光を透過する導電膜を用い、光を取り出さない側の電極には、可視光及び赤外光を反射する導電膜を用いることが好ましい。

[0520]

また、光を取り出さない側の電極にも可視光を透過する導電膜を用いてもよい。この場合、反射層と、EL層763との間に当該電極を配置することが好ましい。つまり、EL層763の発光は、当該反射層によって反射されて、表示装置から取り出されてもよい。

[0521]

発光素子の一对の電極を形成する材料としては、金属、合金、電気伝導性化合物、及びこれらの混合物などを適宜用いることができる。当該材料としては、具体的には、アルミニウム、チタン、クロム、マンガン、鉄、コバルト、ニッケル、銅、ガリウム、亜鉛、インジウム、スズ、モリブデン、タンタル、タングステン、パラジウム、金、白金、銀、イットリウム、ネオジムなどの金属、及びこれらを適宜組み合わせて含む合金が挙げられる。また、当該材料としては、インジウムスズ酸化

物（ In-Sn 酸化物、 ITO ともいう）、 In-Si-Sn 酸化物（ ITSO ともいう）、インジウム亜鉛酸化物（ In-Zn 酸化物）、及び In-W-Zn 酸化物などを挙げることができる。また、当該材料としては、アルミニウム、ニッケル、及びランタンの合金（ Al-Ni-La ）等のアルミニウムを含む合金（アルミニウム合金）、及び、銀とパラジウムと銅の合金（ Ag-Pd-Cu 、 APC とも記す）が挙げられる。その他、当該材料としては、上記例示のない元素周期表の第1族または第2族に属する元素（例えば、リチウム、セシウム、カルシウム、ストロンチウム）、ユウロピウム、イッテルビウムなどの希土類金属及びこれらを適宜組み合わせる含む合金、グラフェン等が挙げられる。

[0522]

発光素子には、微小光共振器（マイクロキャビティ）構造が適用されていることが好ましい。したがって、発光素子が有する一対の電極の一方は、可視光に対する透過性及び反射性を有する電極（半透過・半反射電極）であることが好ましく、他方は、可視光に対する反射性を有する電極（反射電極）であることが好ましい。発光素子がマイクロキャビティ構造を有することで、発光層から得られる発光を両電極間で共振させ、発光素子から射出される光を強めることができる。

[0523]

なお、半透過・半反射電極は、反射電極として用いることができる導電層と、可視光に対する透過性を有する電極（透明電極ともいう）として用いることができる導電層と、の積層構造とすることができる。

[0524]

透明電極の光の透過率は、40%以上とする。例えば、発光素子の透明電極には、可視光（波長400nm以上750nm未満の光）の透過率が40%以上である電極を用いることが好ましい。半透過・半反射電極の可視光の反射率は、10%以上95%以下、好ましくは30%以上80%以下とする。反射電極の可視光の反射率は、40%以上100%以下、好ましくは70%以上100%以下とする。また、これらの電極の抵抗率は、 $1 \times 10^{-2} \Omega \text{cm}$ 以下が好ましい。

[0525]

発光素子は少なくとも発光層を有する。また、発光素子は、発光層以外の層として、正孔注入性の高い物質、正孔輸送性の高い物質、正孔ブロック材料、電子輸送性の高い物質、電子ブロック材料、電子注入性の高い物質、またはバイポーラ性の物質（電子輸送性及び正孔輸送性が高い物質）等を含む層をさらに有していてもよい。例えば、発光素子は、発光層の他に、正孔注入層、正孔輸送層、正孔ブロック層、電荷発生層、電子ブロック層、電子輸送層、及び電子注入層のうち1層以上を有する構成とすることができる。

[0526]

発光素子には低分子化合物及び高分子化合物のいずれを用いることもでき、無機化合物を含んでもよい。発光素子を構成する層は、それぞれ、蒸着法（真空蒸着法を含む）、転写法、印刷法、インクジェット法、塗布法等の方法で形成することができる。

[0527]

発光層は、1種または複数種の発光物質を有する。発光物質としては、青色、紫色、青紫色、緑色、黄緑色、黄色、橙色、または赤色などの発光色を呈する物質を適宜用いる。また、発光物質として、近赤外光を発する物質を用いることもできる。

[0528]

発光物質としては、蛍光材料、燐光材料、TADF材料、及び量子ドット材料などが挙げられる。

[0529]

蛍光材料としては、例えば、ピレン誘導体、アントラセン誘導体、トリフェニレン誘導体、フルオレン誘導体、カルバゾール誘導体、ジベンゾチオフェン誘導体、ジベンゾフラン誘導体、ジベンゾキノキサリン誘導体、キノキサリン誘導体、ピリジン誘導体、ピリミジン誘導体、フェナントレン誘導体、及びナフタレン誘導体などが挙げられる。

[0530]

燐光材料としては、例えば、4H-トリアゾール骨格、1H-トリアゾール骨格、イミダゾール骨格、ピリミジン骨格、ピラジン骨格、またはピリジン骨格を有する有機金属錯体（特にイリジウム錯体）、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錯体（特にイリジウム錯体）、白金錯体、及び希土類金属錯体等が挙げられる。

[0531]

発光層は、発光物質（ゲスト材料）に加えて、1種または複数種の有機化合物（ホスト材料、アシスト材料等）を有していてもよい。1種または複数種の有機化合物としては、正孔輸送性の高い物質（正孔輸送性材料）及び電子輸送性の高い物質（電子輸送性材料）の一方または双方を用いることができる。正孔輸送性材料としては、後述の、正孔輸送層に用いることができる正孔輸送性の高い材料を用いることができる。電子輸送性材料としては、後述の、電子輸送層に用いることができる電子輸送性の高い材料を用いることができる。また、1種または複数種の有機化合物として、バイポーラ性材料、またはTADF材料を用いてもよい。

[0532]

発光層は、例えば、燐光材料と、励起錯体を形成しやすい組み合わせである正孔輸送性材料及び電子輸送性材料と、を有することが好ましい。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。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波長の発光を呈する励起錯体を形成するような組み合わせを選択することで、エネルギー移動がスムーズとなり、効率よく発光を得ることができる。この構成により、発光素子の高効率、低電圧駆動、長寿命を同時に実現できる。

[0533]

正孔注入層は、陽極から正孔輸送層に正孔を注入する層であり、正孔注入性の高い材料を含む層である。正孔注入性の高い材料としては、芳香族アミン化合物、及び、正孔輸送性材料とアクセプター性材料（電子受容性材料）とを含む複合材料などが挙げられる。

[0534]

正孔輸送性材料としては、後述の、正孔輸送層に用いることができる正孔輸送性の高い材料を用いることができる。

[0535]

アクセプター性材料としては、例えば、元素周期表における第4族乃至第8族に属する金属の酸化物を用いることができる。具体的には、酸化モリブデン、酸化バナジウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化クロム、酸化タングステン、酸化マンガン、及び、酸化レニウムが挙げられる。中でも特に、酸化モリブデンは大気中でも安定であり、吸湿性が低く、扱いやすいため好ましい。また、フッ素を含む有機アクセプター性材料を用いることもできる。また、キノジメタン誘導体、クロラ

ニル誘導体、及び、ヘキサアザトリフェニレン誘導体などの有機アクセプター性材料を用いることもできる。

[0536]

例えば、正孔注入性の高い材料として、正孔輸送性材料と、上述の元素周期表における第4族乃至第8族に属する金属の酸化物（代表的には酸化モリブデン）とを含む材料を用いてもよい。

[0537]

正孔輸送層は、正孔注入層によって陽極から注入された正孔を、発光層に輸送する層である。正孔輸送層は、正孔輸送性材料を含む層である。正孔輸送性材料としては、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質が好ましい。なお、電子よりも正孔の輸送性の高い物質であれば、これら以外のものも用いることができる。正孔輸送性材料としては、 π 電子過剰型複素芳香族化合物（例えばカルバゾール誘導体、チオフェン誘導体、フラン誘導体など）、芳香族アミン（芳香族アミン骨格を有する化合物）等の正孔輸送性の高い材料が好ましい。

[0538]

電子ブロック層は、発光層に接して設けられる。電子ブロック層は、正孔輸送性を有し、かつ、電子をブロックすることが可能な材料を含む層である。電子ブロック層には、上記正孔輸送性材料のうち、電子ブロック性を有する材料を用いることができる。

[0539]

電子ブロック層は、正孔輸送性を有するため、正孔輸送層と呼ぶこともできる。また、正孔輸送層のうち、電子ブロック性を有する層を、電子ブロック層と呼ぶこともできる。

[0540]

電子輸送層は、電子注入層によって、陰極から注入された電子を発光層に輸送する層である。電子輸送層は、電子輸送性材料を含む層である。電子輸送性材料としては、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上の電子移動度を有する物質が好ましい。なお、正孔よりも電子の輸送性の高い物質であれば、これら以外のものも用いることができる。電子輸送性材料としては、キノリン骨格を有する金属錯体、ベンゾキノリン骨格を有する金属錯体、オキサゾール骨格を有する金属錯体、チアゾール骨格を有する金属錯体等の他、オキサジアゾール誘導体、トリアゾール誘導体、イミダゾール誘導体、オキサゾール誘導体、チアゾール誘導体、フェナントロリン誘導体、キノリン配位子を有するキノリン誘導体、ベンゾキノリン誘導体、キノキサリン誘導体、ジベンゾキノキサリン誘導体、ピリジン誘導体、ビピリジン誘導体、ピリミジン誘導体、その他含窒素複素芳香族化合物を含む π 電子不足型複素芳香族化合物等の電子輸送性の高い材料を用いることができる。

[0541]

正孔ブロック層は、発光層に接して設けられる。正孔ブロック層は、電子輸送性を有し、かつ、正孔をブロックすることが可能な材料を含む層である。正孔ブロック層には、上記電子輸送性材料のうち、正孔ブロック性を有する材料を用いることができる。

[0542]

正孔ブロック層は、電子輸送性を有するため、電子輸送層と呼ぶこともできる。また、電子輸送層のうち、正孔ブロック性を有する層を、正孔ブロック層と呼ぶこともできる。

[0543]

電子注入層は、陰極から電子輸送層に電子を注入する層であり、電子注入性の高い材料を含む層である。電子注入性の高い材料としては、アルカリ金属、アルカリ土類金属、またはそれらの化合物

を用いることができる。電子注入性の高い材料としては、電子輸送性材料とドナー性材料（電子供与性材料）とを含む複合材料を用いることもできる。

[0544]

また、電子注入性の高い材料の最低空軌道（LUMO: Lowest Unoccupied Molecular Orbital）準位は、陰極に用いる材料の仕事関数の値との差が小さい（具体的には0.5 eV以下）ことが好ましい。

[0545]

電子注入層には、例えば、リチウム、セシウム、イッテルビウム、フッ化リチウム（LiF）、フッ化セシウム（CsF）、フッ化カルシウム（CaF_x、Xは任意数）、8-（キノリノラト）リチウム（略称：Li_q）、2-（2-ピリジル）フェノラトリチウム（略称：LiPP）、2-（2-ピリジル）-3-ピリジノラトリチウム（略称：LiPPy）、4-フェニル-2-（2-ピリジル）フェノラトリチウム（略称：LiPPP）、リチウム酸化物（LiO_x）、炭酸セシウム等のようなアルカリ金属、アルカリ土類金属、またはこれらの化合物を用いることができる。また、電子注入層は、2以上の積層構造としてもよい。当該積層構造としては、例えば、1層目にフッ化リチウムを用い、2層目にイッテルビウムを設ける構成が挙げられる。

[0546]

電子注入層は、電子輸送性材料を有していてもよい。例えば、非共有電子対を備え、電子不足型複素芳香環を有する化合物を、電子輸送性材料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1つを有する化合物を用いることができる。

[0547]

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

[0548]

例えば、4,7-ジフェニル-1,10-フェナントロリン（略称：BPhen）、2,9-ジ（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）、2,2-（1,3-フェニレン）ビス[9-フェニル-1,10-フェナントロリン]（略称：mPPhen2P）、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-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。

[0549]

電荷発生層は、上述の通り、少なくとも電荷発生領域を有する。電荷発生領域は、アクセプター性材料を含むことが好ましく、例えば、上述の正孔注入層に適用可能な、正孔輸送性材料とアクセプター性材料とを含むことが好ましい。

[0550]

また、電荷発生層は、電子注入性の高い材料を含む層を有することが好ましい。当該層は、電子注入バッファ層と呼ぶこともできる。電子注入バッファ層は、電荷発生領域と電子輸送層との間に設けられることが好ましい。電子注入バッファ層を設けることで、電荷発生領域と電子輸送層との間の注入障壁を緩和することができるため、電荷発生領域で生じた電子を電子輸送層に容易に注入することができる。

[0551]

電子注入バッファ層は、アルカリ金属またはアルカリ土類金属を含むことが好ましく、例えば、アルカリ金属の化合物またはアルカリ土類金属の化合物を含む構成とすることができる。具体的には、電子注入バッファ層は、アルカリ金属と酸素とを含む無機化合物、または、アルカリ土類金属と酸素とを含む無機化合物を有することが好ましく、リチウムと酸素とを含む無機化合物（酸化リチウム（ Li_2O ）など）を有することがより好ましい。その他、電子注入バッファ層には、上述の電子注入層に適用可能な材料を好適に用いることができる。

[0552]

電荷発生層は、電子輸送性の高い材料を含む層を有することが好ましい。当該層は、電子リレー層と呼ぶこともできる。電子リレー層は、電荷発生領域と電子注入バッファ層との間に設けられることが好ましい。電荷発生層が電子注入バッファ層を有さない場合、電子リレー層は、電荷発生領域と電子輸送層との間に設けられることが好ましい。電子リレー層は、電荷発生領域と電子注入バッファ層（または電子輸送層）との相互作用を防いで、電子をスムーズに受け渡す機能を有する。

[0553]

電子リレー層としては、銅（I）フタロシアニン（略称：CuPc）などのフタロシアニン系の材料、または、金属－酸素結合と芳香族配位子を有する金属錯体を用いることが好ましい。

[0554]

なお、上述の電荷発生領域、電子注入バッファ層、及び電子リレー層は、断面形状、または特性などによって明確に区別できない場合がある。

[0555]

なお、電荷発生層は、アクセプター性材料の代わりに、ドナー性材料を有していてもよい。例えば、電荷発生層としては、上述の電子注入層に適用可能な、電子輸送性材料とドナー性材料とを含む層を有していてもよい。

[0556]

発光ユニットを積層する際、2つの発光ユニットの間に電荷発生層を設けることで、駆動電圧の上昇を抑制することができる。

[0557]

次に、図23Aに示す模式図を用いて、発光素子110R、発光素子110G、発光素子110B、及び受光素子110Sを有する表示装置100の機能について説明する。ここで、発光素子110Rの発光は赤色（R）となり、発光素子110Gの発光は緑色（G）となり、発光素子110Bの発光は青色（B）となる。また、発光素子110Rは、発光素子110G、及び発光素子110Bは、それぞれ、図19A等 に示す発光素子110a、発光素子110b、及び発光素子110cのいずれかに対応させることもできる。

[0558]

図23Aには、基板102の表面に指190が触れる様子を示している。基板102として実施の

形態 2 に示す基板 170 等を参照することができる。発光素子 110 が発する光の一部（例えば、発光素子 110G が発する光）は、基板 102 と指 190 との接触部で反射される。そして、反射光の一部が、受光素子 110S に入射されることにより、指 190 が基板 102 に接触したことをセンシングすることができる。このようにして、表示装置 100 は、指 190 の指紋を検出し、個人認証を行うことができる。

[0559]

ここで、図 23C に、基板 102 に指 190 が触れている状態における接触部の拡大図を模式的に示す。また、図 23C には、交互に配列した発光素子 110 と受光素子 110S を示している。

[0560]

指 190 は凹部及び凸部により指紋が形成されている。そのため、図 23C に示すように指紋の凸部が基板 102 に触れている。

[0561]

ある表面、界面などから反射される光には、正反射と拡散反射とがある。正反射光は入射角と反射角が一致する、指向性の高い光であり、拡散反射光は、強度の角度依存性が低い、指向性の低い光である。指 190 の表面から反射される光は、正反射と拡散反射のうち拡散反射の成分が支配的となる。一方、基板 102 と大気との界面から反射される光は、正反射の成分が支配的となる。

[0562]

指 190 と基板 102 との接触面または非接触面で反射され、これらの直下に位置する受光素子 110S に入射される光の強度は、正反射光と拡散反射光とを足し合わせたものとなる。上述のように指 190 の凹部では基板 102 と指 190 が接触しないため、正反射光（実線矢印で示す）が支配的となり、凸部ではこれらが接触するため、指 190 からの拡散反射光（破線矢印で示す）が支配的となる。したがって、凹部の直下に位置する受光素子 110S で受光する光の強度は、凸部の直下に位置する受光素子 110S よりも高くなる。これにより、指 190 の指紋を撮像することができる。

[0563]

受光素子 110S の配列間隔は、指紋の 2 つの凸部間の距離、好ましくは隣接する凹部と凸部間の距離よりも小さい間隔とすることで、鮮明な指紋の画像を取得することができる。人の指紋の凹部と凸部の間隔は概ね $200\mu\text{m}$ であることから、例えば受光素子 110S の配列間隔は、 $400\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $200\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $150\mu\text{m}$ 以下、さらに好ましくは $100\mu\text{m}$ 以下、さらに好ましくは $50\mu\text{m}$ 以下であつて、 $1\mu\text{m}$ 以上、好ましくは $10\mu\text{m}$ 以上、より好ましくは $20\mu\text{m}$ 以上とする。

[0564]

表示装置 100 で撮像した指紋の画像の例を図 23D に示す。図 23D には、撮像範囲 193 内に、指 190 の輪郭を破線で、接触部 191 の輪郭を一点鎖線で示している。接触部 191 内において、受光素子 110S に入射する光量の違いによって、コントラストの高い指紋 192 を撮像することができる。

[0565]

なお、図 23A では、指 190 が基板 102 に接する例について示したが、必ずしも指 190 が基板 102 に接する必要はない。例えば、図 23B に示すように、指 190 と基板 102 が離れている状態でセンシングが可能な場合もある。ただし、このとき指 190 と基板 102 の距離が比較的

近いことが好ましく、この状態をニアタッチまたはホバータッチと呼ぶ場合がある。

[0566]

本明細書等において、ニアタッチまたはホバータッチとは、例えば、表示装置に対象（指190）が接触せずに、対象（指190）を検出できる状態を指す。例えば、表示装置と、対象（指190）との間の距離が0.1mm以上300mm以下、好ましくは3mm以上50mm以下の範囲で表示装置が対象（指190）を検出できる構成であると好ましい。当該構成とすることで、表示装置に対象（指190）が直接触れずに操作することが可能となる、別言すると非接触（タッチレス）で表示装置を操作することが可能となる。上記構成とすることで、表示装置に汚れ、または傷がつくリスクを低減することができる、または対象（指190）が表示装置に付着しうる汚れ（例えば、ゴミ、またはウィルスなど）に直接触れずに、表示装置を操作することが可能となる。

[0567]

図24A乃至図24Eに表示装置に適用することができる受光素子の構成例を示す。図24A乃至図24Eに示す構成要素で、図21に示す構成要素と同様のものについては、同符号を付して示す。

[0568]

図24Aに示す受光素子は、一对の電極（下部電極761、上部電極762）の間に、PS層787を有する。下部電極761は、画素電極として機能し、受光素子ごとに設けられる。上部電極762は、共通電極として機能し、複数の発光素子と受光素子に共通に設けられる。

[0569]

図24Aに示す、PS層787は、それぞれ島状の層として形成することができる。つまり、図24Aに示すPS層787は、図2B等に示すPS層155Sに相当する。なお、受光素子は、受光素子110Sに相当する。また、下部電極761は画素電極111Sに相当する。また、上部電極762は共通電極113に相当する。

[0570]

PS層787は、層781、層782、光電変換層783、層791、層792等を有する。層781、層782、層791、及び層792等は、上記発光素子に用いたものと同様である。ここで、層792、及び上部電極762は、発光素子、及び受光素子に共通で設けることができる。

[0571]

光電変換層783は、半導体を含む。当該半導体としては、シリコンなどの無機半導体、及び、有機化合物を含む有機半導体が挙げられる。本実施の形態では、光電変換層783が有する半導体として、有機半導体を用いる例を示す。有機半導体を用いることで、発光層と、光電変換層783と、を同じ方法（例えば、真空蒸着法）で形成することができ、製造装置を共通化できるため好ましい。

[0572]

光電変換層783としては、例えば、pn型またはpin型のフォトダイオードを用いることができる。以下に光電変換層783として用いることができる、n型半導体材料、及びp型半導体材料を示す。n型半導体材料、及びp型半導体材料は、それぞれを層状にして積層して用いてもよいし、混合して一つの層にして用いてもよい。

[0573]

光電変換層783が有するn型半導体の材料としては、フラーレン（例えばC₆₀、C₇₀等）、フラーレン誘導体等の電子受容性の有機半導体材料が挙げられる。フラーレンは、サッカーボールのような形状を有し、当該形状はエネルギー的に安定である。フラーレンは、HOMO準位及びLUM

O準位の双方が深い（低い）。フラーレンは、LUMO準位が深いため、電子受容性（アクセプター性）が極めて高い。通常、ベンゼンのように、平面に π 電子共役（共鳴）が広がると、電子供与性（ドナー性）が高くなるが、フラーレンは球体形状であるため、 π 電子共役が大きく広がっているにも関わらず、電子受容性が高くなる。電子受容性が高いと、電荷分離を高速に効率よく起こすため、受光素子として有益である。C₆₀、C₇₀ともに可視光領域に広い吸収帯を有しており、特にC₇₀はC₆₀に比べて π 電子共役系が大きく、長波長領域にも広い吸収帯を有するため好ましい。そのほか、フラーレン誘導体としては、[6, 6]-Phenyl-C₇₁-butyric acid methyl ester（略称：PC70BM）、[6, 6]-Phenyl-C₆₁-butyric acid methyl ester（略称：PC60BM）、1', 1'', 4', 4''-Tetrahydro-di[1, 4]methanonaphthaleno[1, 2:2', 3', 5, 6:6', 2'', 3''] [5, 6] fullerene-C₆₀（略称：ICBA）などが挙げられる。

[0574]

また、n型半導体の材料としては、例えば、N, N'-ジメチル-3, 4, 9, 10-ペリレンテトラカルボン酸ジイミド（略称：Me-PTCDI）などのペリレンテトラカルボン酸誘導体が挙げられる。

[0575]

また、n型半導体の材料としては、例えば、2, 2'-(5, 5'-(チエノ[3, 2-b]チオフェン-2, 5-ジイル)ビス(チオフェン-5, 2-ジイル))ビス(メタン-1-イル-1-イリデン)ジマロノニトリル（略称：FT2TDMN）が挙げられる。

[0576]

また、n型半導体の材料としては、キノリン骨格を有する金属錯体、ベンゾキノリン骨格を有する金属錯体、オキサゾール骨格を有する金属錯体、チアゾール骨格を有する金属錯体、オキサジアゾール誘導体、トリアゾール誘導体、イミダゾール誘導体、オキサゾール誘導体、チアゾール誘導体、フェナントロリン誘導体、キノリン誘導体、ベンゾキノリン誘導体、キノキサリン誘導体、ジベンゾキノキサリン誘導体、ピリジン誘導体、ビピリジン誘導体、ピリミジン誘導体、ナフタレン誘導体、アントラセン誘導体、クマリン誘導体、ローダミン誘導体、トリアジン誘導体、キノン誘導体等が挙げられる。

[0577]

光電変換層783が有するp型半導体の材料としては、銅(II)フタロシアニン(Copper(II) phthalocyanine; CuPc)、テトラフェニルジベンゾペリフランテン(Tetraphenyldibenzoperiflanthene; DBP)、亜鉛フタロシアニン(Zinc Phthalocyanine; ZnPc)、スズフタロシアニン(SnPc)、キナクリドン、ルブレン等の電子供与性の有機半導体材料が挙げられる。

[0578]

また、p型半導体の材料としては、カルバゾール誘導体、チオフェン誘導体、フラン誘導体、芳香族アミン骨格を有する化合物等が挙げられる。さらに、p型半導体の材料としては、ナフタレン誘導体、アントラセン誘導体、ピレン誘導体、トリフェニレン誘導体、フルオレン誘導体、ピロール誘導体、ベンゾフラン誘導体、ベンゾチオフェン誘導体、インドール誘導体、ジベンゾフラン誘導体、ジベンゾチオフェン誘導体、インドロカルバゾール誘導体、ポルフィリン誘導体、フタロシア

ニン誘導体、ナフトロシアニン誘導体、キナクリドン誘導体、ルブレン誘導体、テトラセン誘導体、ポリフェニレンビニレン誘導体、ポリパラフェニレン誘導体、ポリフルオレン誘導体、ポリビニルカルバゾール誘導体、ポリチオフェン誘導体等が挙げられる。

[0579]

電子供与性の有機半導体材料のHOMO準位は、電子受容性の有機半導体材料のHOMO準位よりも浅い（高い）ことが好ましい。電子供与性の有機半導体材料のLUMO準位は、電子受容性の有機半導体材料のLUMO準位よりも浅い（高い）ことが好ましい。

[0580]

電子受容性の有機半導体材料として、球状のフラーレンを用い、電子供与性の有機半導体材料として、平面に近い形状の有機半導体材料を用いることが好ましい。似た形状の分子同士は集まりやすい傾向にあり、同種の分子が凝集すると、分子軌道のエネルギー準位が近いため、キャリア輸送性を高めることができる。

[0581]

例えば、光電変換層783は、n型半導体とp型半導体と共蒸着して形成することが好ましい。または、光電変換層783は、n型半導体とp型半導体とを積層して形成してもよい。

[0582]

発光素子及び受光素子には低分子系化合物及び高分子系化合物のいずれを用いることもでき、無機化合物を含んでいてもよい。発光素子及び受光素子を構成する層は、それぞれ、蒸着法（真空蒸着法を含む）、転写法、印刷法、インクジェット法、塗布法等の方法で形成することができる。

[0583]

例えば、正孔輸送性材料または電子ブロック材料として、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）などの高分子化合物、及び、モリブデン酸化物、ヨウ化銅（CuI）などの無機化合物を用いることができる。また、電子輸送性材料または正孔ブロック材料として、酸化亜鉛（ZnO）などの無機化合物、ポリエチレンイミンエトキシレート（PEIE）などの有機化合物を用いることができる。受光素子は、例えば、PEIEとZnOとの混合膜を有していてもよい。

[0584]

また、光電変換層783に、ドナーとして機能するPoly[[4,8-bis[5-(2-ethylhexyl)-2-thienyl]benzo[1,2-b:4,5-b']dithiophene-2,6-diyl]-2,5-thiophenediyl[5,7-bis(2-ethylhexyl)-4,8-dioxo-4H,8H-benzo[1,2-c:4,5-c']dithiophene-1,3-diyl]]polymer（略称：PBDB-T）、または、PBDB-T誘導体などの高分子化合物を用いることができる。例えば、PBDB-TまたはPBDB-T誘導体にアクセプター材料を分散させる方法などが使用できる。

[0585]

また、光電変換層783には3種類以上の材料を混合させてもよい。例えば、波長域を拡大する目的で、n型半導体の材料と、p型半導体の材料と、に加えて、第3の材料を混合してもよい。このとき、第3の材料は、低分子化合物でも高分子化合物でもよい。

[0586]

PS層787は、図24Aに示すように、層781（正孔注入層）、層782（正孔輸送層）、光

電変換層 783、層 791（電子輸送層）、層 792（電子注入層）の順に積層することができる。これは、図 21B に示す EL 層 763 と同じ積層順である。この場合、発光素子及び受光素子のいずれにおいても、下部電極 761 を陽極として機能させ、上部電極 762 を陰極として機能させることができる。つまり、受光素子は、下部電極 761 と上部電極 762 との間に逆バイアスをかけて駆動することで、受光素子に入射する光を検出し、電荷を発生させ、電流として取り出すことができる。

[0587]

ただし、本発明はこれに限られるものではない。例えば、層 781 が電子注入層を有し、層 782 が電子輸送層を有し、層 791 が正孔輸送層を有し、層 792 が正孔注入層を有する構成としてもよい。この場合、受光素子においては、下部電極 761 を陰極として機能させ、上部電極 762 を陽極として機能させることができる。先の実施の形態に示す通り、本発明では、発光素子と、受光素子をそれぞれ個別に形成することができる。このため、発光素子と受光素子の構成が大きく異なる場合でも、比較的容易に作製することができる。

[0588]

また、図 24A に示す、層 781、層 782、層 791、及び層 792 は、必ずしも全てを設ける必要はない。例えば、図 24B に示すように、正孔注入層を有する層 781 を設けずに、正孔注入層を有する層 782 が下部電極 761 に接する構成にしてもよい。なお、図 24A 及び図 24B に示すように、光電変換層 783 に接して、正孔輸送層を有する層 782、及び電子輸送層を有する層 791 の少なくとも一方を設けることが好ましい。これにより、受光素子において、下部電極 761 と上部電極 762 の間にリーク電流が生じ、撮像の感度が下がるのを抑制することができる。

[0589]

さらに、層 782 または層 791 のいずれか一方を設けない構成にすることもできる。例えば、図 24C に示すように、電子輸送層を有する層 791 を設けずに、光電変換層 783 が層 792 に接する構成にしてもよい。

[0590]

さらに、PS 層 787 を光電変換層 783 のみの構成にすることもできる。例えば、図 24D に示すように、正孔輸送層を有する層 782 を設けずに、光電変換層 783 が下部電極 761 に接する構成にしてもよい。

[0591]

さらに、層 792 を共通層とせず、発光素子ごとに設ける場合、受光素子に層 792 を設けない構成にすることもできる。例えば、図 24E に示すように、電子注入層を有する層 792 を設けずに、光電変換層 783 が上部電極 762 に接する構成にしてもよい。

[0592]

本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせることができる。

[0593]

（実施の形態 4）

本実施の形態では、本発明の一態様の電子機器について説明する。

[0594]

本実施の形態の電子機器は、表示部に本発明の一態様の表示装置を有する。本発明の一態様の表示装置は高精細化及び高解像度化が容易である。したがって、様々な電子機器の表示部に用いること

ができる。

[0595]

電子機器としては、例えば、テレビジョン装置、デスクトップ型若しくはノート型のパーソナルコンピュータ、コンピュータ用のモニタ、デジタルサイネージ、及びパチンコ機等の大型ゲーム機等の比較的大きな画面を備える電子機器の他、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラ、デジタルフォトフレーム、携帯電話機、携帯型ゲーム機、携帯情報端末、及び音響再生装置等が挙げられる。

[0596]

特に、本発明の一態様の表示装置は、精細度を高めることが可能なため、比較的小さな表示部を有する電子機器に好適に用いることができる。このような電子機器としては、例えば、腕時計型及びブレスレット型の情報端末機（ウェアラブル機器）、並びに、ヘッドマウントディスプレイ等のVR向け機器、メガネ型のAR向け機器、及びMR向け機器等、頭部に装着可能なウェアラブル機器が挙げられる。

[0597]

本発明の一態様の表示装置は、HD（画素数1280×720）、FHD（画素数1920×1080）、WQHD（画素数2560×1440）、WQXGA（画素数2560×1600）、4K（画素数3840×2160）、8K（画素数7680×4320）といった極めて高い解像度を有していることが好ましい。特に4K、8K、又はそれ以上の解像度とすることが好ましい。また、本発明の一態様の表示装置における画素密度（精細度）は、100ppi以上が好ましく、300ppi以上が好ましく、500ppi以上がより好ましく、1000ppi以上がより好ましく、2000ppi以上がより好ましく、3000ppi以上がより好ましく、5000ppi以上がより好ましく、7000ppi以上がさらに好ましい。このように高い解像度及び高い精細度の一方又は双方を有する表示装置を用いることで、携帯型又は家庭用途等のパーソナルユースの電子機器において、臨場感及び奥行き感等をより高めることが可能となる。また、本発明の一態様の表示装置の画面比率（アスペクト比）については、特に限定はない。例えば、表示装置は、1:1（正方形）、4:3、16:9、及び16:10等様々な画面比率に対応できる。

[0598]

本実施の形態の電子機器は、センサ（力、変位、位置、速度、加速度、角速度、回転数、距離、光、液、磁気、温度、化学物質、音声、時間、硬度、電場、電流、電圧、電力、放射線、流量、湿度、傾度、振動、におい、又は赤外線を測定する機能を含むもの）を有してもよい。

[0599]

本実施の形態の電子機器は、様々な機能を有することができる。例えば、様々な情報（静止画、動画、又はテキスト画像等）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、若しく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）を実行する機能、無線通信機能、又は記録媒体に記録されているプログラム若しくはデータを読み出す機能等を有することができる。

[0600]

図25A乃至図25Dを用いて、頭部に装着可能なウェアラブル機器の一例を説明する。これらウェアラブル機器は、ARのコンテンツを表示する機能、VRのコンテンツを表示する機能、SRのコンテンツを表示する機能、MRのコンテンツを表示する機能のうち少なくとも一つを有する。電子機器が、AR、VR、SR、及びMR等のうち少なくとも一つのコンテンツを表示する機能を有することで、使用者の没入感を高めることが可能となる。

[0601]

図25Aに示す電子機器700A、及び図25Bに示す電子機器700Bは、それぞれ、一对の表示パネル751と、一对の筐体721と、通信部（図示しない）と、一对の装着部723と、制御部（図示しない）と、撮像部（図示しない）と、一对の光学部材753と、フレーム757と、一对の鼻パッド758と、を有する。

[0602]

表示パネル751には、本発明の一態様の表示装置を適用できる。したがって、極めて高精細な電子機器とすることができる。

[0603]

電子機器700A、及び電子機器700Bは、それぞれ、光学部材753の表示領域756に、表示パネル751で表示した画像を投影できる。光学部材753は透光性を有するため、使用者は光学部材753を通して視認される透過像に重ねて、表示領域に表示された画像を見ることができる。したがって、電子機器700A、及び電子機器700Bは、それぞれAR表示が可能な電子機器である。

[0604]

電子機器700A、及び電子機器700Bには、撮像部として、前方を撮像することのできるカメラが設けられていてもよい。また、電子機器700A、及び電子機器700Bは、それぞれ、ジャイロセンサ等の加速度センサを備えることで、使用者の頭部の向きを検知して、その向きに応じた画像を表示領域756に表示することもできる。

[0605]

通信部は無線通信機を有し、当該無線通信機により例えば映像信号を供給できる。なお、無線通信機に代えて、又は無線通信機に加えて、映像信号及び電源電位が供給されるケーブルを接続可能なコネクタを備えていてもよい。

[0606]

また、電子機器700A、及び電子機器700Bには、バッテリーが設けられており、無線及び有線の一方又は双方によって充電できる。

[0607]

筐体721には、タッチセンサモジュールが設けられていてもよい。タッチセンサモジュールは、筐体721の外側の面がタッチされることを検出する機能を有する。タッチセンサモジュールにより、使用者のタップ操作又はスライド操作等を検出し、様々な処理を実行できる。例えば、タップ操作によって動画の一時停止又は再開等の処理を実行することが可能となり、スライド操作により、早送り又は早戻しの処理を実行すること等が可能となる。また、2つの筐体721のそれぞれにタッチセンサモジュールを設けることで、操作の幅を広げることができる。

[0608]

タッチセンサモジュールとしては、様々なタッチセンサを適用できる。例えば、静電容量方式、抵抗膜方式、赤外線方式、電磁誘導方式、表面弾性波方式、又は光学方式等、種々の方式を採用できる。特に、静電容量方式又は光学方式のセンサを、タッチセンサモジュールに適用することが好ましい。

[0609]

光学方式のタッチセンサを用いる場合には、受光素子として、光電変換素子（光電変換デバイスと

もいう)を用いることができる。光電変換素子の活性層には、無機半導体及び有機半導体の一方又は双方を用いることができる。

[0610]

図25Cに示す電子機器800A、及び図25Dに示す電子機器800Bは、それぞれ、一对の表示部820と、筐体821と、通信部822と、一对の装着部823と、制御部824と、一对の撮像部825と、一对のレンズ832と、を有する。

[0611]

表示部820には、本発明の一態様の表示装置を適用できる。したがって、極めて高精細な電子機器とすることができる。

[0612]

表示部820は、筐体821の内部の、レンズ832を通して視認できる位置に設けられる。また、一对の表示部820に異なる画像を表示させることで、視差を用いた3次元表示を行うこともできる。

[0613]

電子機器800A、及び電子機器800Bは、それぞれ、VR向けの電子機器ということができる。電子機器800A又は電子機器800Bを装着した使用者は、レンズ832を通して、表示部820に表示される画像を視認できる。

[0614]

電子機器800A、及び電子機器800Bは、それぞれ、レンズ832及び表示部820が、使用者の目の位置に応じて最適な位置となるように、これらの左右の位置を調整可能な機構を有していることが好ましい。また、レンズ832と表示部820との距離を変えることで、ピントを調整する機構を有していることが好ましい。

[0615]

装着部823により、使用者は電子機器800A又は電子機器800Bを頭部に装着できる。なお、例えば図25Cにおいては、メガネのつる(テンプル等ともいう)のような形状として例示しているがこれに限定されない。装着部823は、使用者が装着できればよく、例えば、ヘルメット型又はバンド型の形状としてもよい。

[0616]

撮像部825は、外部の情報を取得する機能を有する。撮像部825が取得したデータは、表示部820に出力できる。撮像部825には、イメージセンサを用いることができる。また、望遠、及び広角等の複数の画角に対応可能なように複数のカメラを設けてもよい。

[0617]

なお、ここでは撮像部825を有する例を示したが、対象物の距離を測定することのできる測距センサ(検知部ともいう)を設ければよい。すなわち、撮像部825は、検知部の一態様である。検知部としては、例えばイメージセンサ、又はライダー(LIDAR: Light Detection and Ranging)等の距離画像センサを用いることができる。カメラによって得られた画像と、距離画像センサによって得られた画像とを用いることにより、より多くの情報を取得し、より高精度なジェスチャー操作を可能とすることができる。

[0618]

電子機器800Aは、骨伝導イヤフォンとして機能する振動機構を有してもよい。例えば、表示部

８２０、筐体８２１、及び装着部８２３のいずれか一又は複数に、当該振動機構を有する構成を適用できる。これにより、別途、ヘッドフォン、イヤフォン、又はスピーカ等の音響機器を必要とせず、電子機器８００Ａを装着しただけで映像と音声を楽しむことができる。

[０６１９]

電子機器８００Ａ、及び電子機器８００Ｂは、それぞれ、入力端子を有してもよい。入力端子には映像出力機器等からの映像信号、及び電子機器内に設けられるバッテリーを充電するための電力等を供給するケーブルを接続できる。

[０６２０]

本発明の一態様の電子機器は、イヤフォン７５０と無線通信を行う機能を有してもよい。イヤフォン７５０は、通信部（図示しない）を有し、無線通信機能を有する。イヤフォン７５０は、無線通信機能により、電子機器から情報（例えば音声データ）を受信できる。例えば、図２５Ａに示す電子機器７００Ａは、無線通信機能によって、イヤフォン７５０に情報を送信する機能を有する。また、例えば、図２５Ｃに示す電子機器８００Ａは、無線通信機能によって、イヤフォン７５０に情報を送信する機能を有する。

[０６２１]

また、電子機器がイヤフォン部を有してもよい。図２５Ｂに示す電子機器７００Ｂは、イヤフォン部７２７を有する。例えば、イヤフォン部７２７と制御部とは、互いに有線接続される構成とすることができる。イヤフォン部７２７と制御部とをつなぐ配線の一部は、筐体７２１又は装着部７２３の内部に配置されていてもよい。

[０６２２]

同様に、図２５Ｄに示す電子機器８００Ｂは、イヤフォン部８２７を有する。例えば、イヤフォン部８２７と制御部８２４とは、互いに有線接続される構成とすることができる。イヤフォン部８２７と制御部８２４とをつなぐ配線の一部は、筐体８２１又は装着部８２３の内部に配置されていてもよい。また、イヤフォン部８２７と装着部８２３とがマグネットを有してもよい。これにより、イヤフォン部８２７を装着部８２３に磁力によって固定でき、収納が容易となり好ましい。

[０６２３]

なお、電子機器は、イヤフォン又はヘッドフォン等を接続できる音声出力端子を有してもよい。また、電子機器は、音声入力端子及び音声入力機構の一方又は双方を有してもよい。音声入力機構としては、例えば、マイク等の集音装置を用いることができる。電子機器が音声入力機構を有することで、電子機器に、いわゆるヘッドセットとしての機能を付与してもよい。

[０６２４]

このように、本発明の一態様の電子機器としては、メガネ型（電子機器７００Ａ、及び電子機器７００Ｂ等）と、ゴーグル型（電子機器８００Ａ、及び電子機器８００Ｂ等）と、のどちらも好適である。

[０６２５]

また、本発明の一態様の電子機器は、有線又は無線によって、イヤフォンに情報を送信できる。

[０６２６]

図２６Ａに示す電子機器６５００は、スマートフォンとして用いることのできる携帯情報端末機である。

[０６２７]

電子機器 6500 は、筐体 6501、表示部 6502、電源ボタン 6503、ボタン 6504、スピーカ 6505、マイク 6506、カメラ 6507、及び光源 6508 等を有する。表示部 6502 はタッチパネル機能を備える。

[0628]

表示部 6502 に、本発明の一態様の表示装置を適用できる。したがって、極めて高精細な電子機器とすることができる。

[0629]

図 26B は、筐体 6501 のマイク 6506 側の端部を含む断面概略図である。

[0630]

筐体 6501 の表示面側には透光性を有する保護部材 6510 が設けられ、筐体 6501 と保護部材 6510 に囲まれた空間内に、表示パネル 6511、光学部材 6512、タッチセンサパネル 6513、プリント基板 6517、及びバッテリー 6518 等が配置されている。

[0631]

保護部材 6510 には、表示パネル 6511、光学部材 6512、及びタッチセンサパネル 6513 が接着層（図示しない）により固定されている。

[0632]

表示部 6502 よりも外側の領域において、表示パネル 6511 の一部が折り返されており、当該折り返された領域に FPC 6515 が接続される。FPC 6515 には、IC 6516 が実装されている。FPC 6515 は、プリント基板 6517 に設けられた端子に接続される。

[0633]

表示パネル 6511 には本発明の一態様のフレキシブルディスプレイを適用できる。このため、極めて軽量の電子機器を実現できる。また、表示パネル 6511 が極めて薄いため、電子機器の厚さを抑えつつ、大容量のバッテリー 6518 を搭載することもできる。また、表示パネル 6511 の一部を折り返して、画素部の裏側に FPC 6515 との接続部を配置することにより、狭額縁の電子機器を実現できる。

[0634]

図 26C にテレビジョン装置の一例を示す。テレビジョン装置 7100 は、筐体 7101 に表示部 7000 が組み込まれている。ここでは、スタンド 7103 により筐体 7101 を支持した構成を示している。

[0635]

表示部 7000 に、本発明の一態様の表示装置を適用できる。したがって、極めて高精細な電子機器とすることができる。

[0636]

図 26C に示すテレビジョン装置 7100 の操作は、筐体 7101 が備える操作スイッチ、及び別体のリモコン操作機 7111 により行うことができる。又は、表示部 7000 にタッチセンサを備えていてもよく、指等で表示部 7000 に触れることでテレビジョン装置 7100 を操作してもよい。リモコン操作機 7111 は、当該リモコン操作機 7111 から出力する情報を表示する表示部を有してもよい。リモコン操作機 7111 が備える操作キー又はタッチパネルにより、チャンネル及び音量の操作を行うことができ、表示部 7000 に表示される映像を操作できる。

[0637]

なお、テレビジョン装置 7 1 0 0 は、受信機及びモデム等を備えた構成とする。受信機により一般のテレビ放送の受信を行うことができる。また、モデムを介して有線又は無線による通信ネットワークに接続することにより、一方向（送信者から受信者）又は双方向（送信者と受信者間、或いは受信者間等）の情報通信を行うことも可能である。

[0 6 3 8]

図 2 6 D に、ノート型パーソナルコンピュータの一例を示す。ノート型パーソナルコンピュータ 7 2 0 0 は、筐体 7 2 1 1、キーボード 7 2 1 2、ポインティングデバイス 7 2 1 3、及び外部接続ポート 7 2 1 4 等を有する。筐体 7 2 1 1 に、表示部 7 0 0 0 が組み込まれている。

[0 6 3 9]

表示部 7 0 0 0 に、本発明の一態様の表示装置を適用できる。したがって、極めて高精細な電子機器とすることができる。

[0 6 4 0]

図 2 6 E 及び図 2 6 F に、デジタルサイネージの一例を示す。

[0 6 4 1]

図 2 6 E に示すデジタルサイネージ 7 3 0 0 は、筐体 7 3 0 1、表示部 7 0 0 0、及びスピーカ 7 3 0 3 等を有する。さらに、LED ランプ、操作キー（電源スイッチ、又は操作スイッチを含む）、接続端子、各種センサ、及びマイクロフォン等を有することができる。

[0 6 4 2]

図 2 6 F は円柱状の柱 7 4 0 1 に取り付けられたデジタルサイネージ 7 4 0 0 である。デジタルサイネージ 7 4 0 0 は、柱 7 4 0 1 の曲面に沿って設けられた表示部 7 0 0 0 を有する。

[0 6 4 3]

図 2 6 E 及び図 2 6 F において、表示部 7 0 0 0 に、本発明の一態様の表示装置を適用できる。したがって、極めて高精細な電子機器とすることができる。

[0 6 4 4]

表示部 7 0 0 0 が広いほど、一度に提供できる情報量を増やすことができる。また、表示部 7 0 0 0 が広いほど、人の目につきやすく、例えば、広告の宣伝効果を高めることができる。

[0 6 4 5]

表示部 7 0 0 0 にタッチパネルを適用することで、表示部 7 0 0 0 に画像又は動画を表示するだけでなく、使用者が直感的に操作でき、好ましい。また、路線情報若しくは交通情報等の情報を提供するための用途に用いる場合には、直感的な操作によりユーザビリティを高めることができる。

[0 6 4 6]

また、図 2 6 E 及び図 2 6 F に示すように、デジタルサイネージ 7 3 0 0 又はデジタルサイネージ 7 4 0 0 は、使用者が所持するスマートフォン等の情報端末機 7 3 1 1 又は情報端末機 7 4 1 1 と無線通信により連携可能であることが好ましい。例えば、表示部 7 0 0 0 に表示される広告の情報を、情報端末機 7 3 1 1 又は情報端末機 7 4 1 1 の画面に表示させることができる。また、情報端末機 7 3 1 1 又は情報端末機 7 4 1 1 を操作することで、表示部 7 0 0 0 の表示を切り替えることができる。

[0 6 4 7]

また、デジタルサイネージ 7 3 0 0 又はデジタルサイネージ 7 4 0 0 に、情報端末機 7 3 1 1 又は情報端末機 7 4 1 1 の画面を操作手段（コントローラ）としたゲームを実行させることもできる。

これにより、不特定多数の利用者が同時にゲームに参加し、楽しむことができる。

[0648]

図27A乃至図27G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、又は操作スイッチを含む）、接続端子9006、センサ9007（力、変位、位置、速度、加速度、角速度、回転数、距離、光、液、磁気、温度、化学物質、音声、時間、硬度、電場、電流、電圧、電力、放射線、流量、湿度、傾度、振動、におい、又は赤外線を測定する機能を含むもの）、及びマイクロフォン9008等を有する。

[0649]

図27A乃至図27G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、又はテキスト画像等）を表示部に表示する機能、タッチパネル機能、カレンダー、日付若しく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、又は記録媒体に記録されているプログラム若しくはデータを読み出して処理する機能等を有することができる。なお、電子機器の機能はこれらに限られず、様々な機能を有することができる。電子機器は、複数の表示部を有してもよい。また、電子機器にカメラ等を設け、静止画又は動画を撮影し、記録媒体（外部又はカメラに内蔵）に保存する機能、及び撮影した画像を表示部に表示する機能等を有してもよい。

[0650]

図27A乃至図27Gに示す電子機器の詳細について、以下説明を行う。

[0651]

図27A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、例えばスマートフォンとして用いることができる。なお、携帯情報端末9101は、スピーカ9003、接続端子9006、又はセンサ9007等を設けてもよい。また、携帯情報端末9101は、文字及び画像情報をその複数の面に表示できる。図27Aでは3つのアイコン9050を表示した例を示している。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もできる。情報9051の一例としては、電子メール、SNS、電話等の着信の通知、電子メール又はSNS等の題名、送信者名、日時、時刻、バッテリーの残量、及び電波強度等がある。又は、情報9051が表示されている位置には例えばアイコン9050を表示してもよい。

[0652]

図27Bは、携帯情報端末9102を示す斜視図である。携帯情報端末9102は、表示部9001の3面以上に情報を表示する機能を有する。ここでは、情報9052、情報9053、及び情報9054がそれぞれ異なる面に表示されている例を示す。例えば使用者は、洋服の胸ポケットに携帯情報端末9102を収納した状態で、携帯情報端末9102の上方から観察できる位置に表示された情報9053を確認することもできる。使用者は、携帯情報端末9102をポケットから取り出すことなく表示を確認し、例えば電話を受けるか否かを判断できる。

[0653]

図27Cは、タブレット端末9103を示す斜視図である。タブレット端末9103は、一例として、移動電話、電子メール、文章閲覧及び作成、音楽再生、インターネット通信、及びコンピュータゲーム等の種々のアプリケーションの実行が可能である。タブレット端末9103は、筐体9000の正面に表示部9001、カメラ9002、マイクロフォン9008、及びスピーカ9003を有し、筐体9000の左側面には操作用のボタンとしての操作キー9005、底面には接続端子

9006を有する。

[0654]

図27D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、例えばスマートウォッチ（登録商標）として用いることができる。また、表示部9001はその表示面が湾曲して設けられ、湾曲した表示面に沿って表示を行うことができる。また、携帯情報端末9200は、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により、他の情報端末と相互にデータ伝送を行うこと、及び充電を行うこともできる。なお、充電動作は無線給電により行ってもよい。

[0655]

図27E乃至図27Gは、折り畳み可能な携帯情報端末9201を示す斜視図である。また、図27Eは携帯情報端末9201を展開した状態、図27Gは折り畳んだ状態、図27Fは図27Eと図27Gの一方から他方に変化する途中の状態の斜視図である。携帯情報端末9201は、折り畳んだ状態では可搬性に優れ、展開した状態では継ぎ目のない広い表示領域により表示の一覧性に優れる。携帯情報端末9201が有する表示部9001は、ヒンジ9055によって連結された3つの筐体9000に支持されている。例えば、表示部9001は、曲率半径0.1mm以上150mm以下で曲げることができる。

[0656]

本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせることができる。また、本明細書において、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。

[実施例1]

[0657]

本実施例では、本発明の一態様の表示装置に適用可能な絶縁層の一例を示す。また、該絶縁層の剥離試験の結果を示す。

[0658]

剥離試験を行うサンプルとして、ガラス基板上に、剥離試験を行う2種の膜を順に成膜した構造を準備した。サンプルの上面からみた大きさを、長さが126mm、幅が25mmとした。上面にテープを貼り、テープに引っ張り強度を加え、形成された2種の膜のうち、上面の膜が下面の膜から剥離する際の強度を測定し、剥離力とした。サンプルは平らな台の上に設置され、テープには、台に垂直な方向に引っ張り強度を加えた。

[0659]

剥離力は、剥離が起きてから、テープの掃引距離が20mm以上50mm以下の範囲における中央値とした。

[0660]

サンプルS1として、ガラス基板上にIn-Si-Sn酸化物層を成膜し、In-Si-Sn酸化物層上に第1有機層を成膜した構造を準備した。

[0661]

サンプルS2として、ガラス基板上に酸化窒化シリコン層を成膜し、酸化窒化シリコン層上に第1有機層を成膜した構造を準備した。

[0662]

サンプルS3として、ガラス基板上に第2有機層を成膜し、第2有機層上に酸化アルミニウム層を成膜した構造を準備した。

[0663]

サンプルS4として、ガラス基板上にIn-Si-Sn酸化物層を成膜し、In-Si-Sn酸化物層上に酸化アルミニウム層を成膜した構造を準備した。

[0664]

サンプルS5として、ガラス基板上に酸化窒化シリコン層を成膜し、酸化窒化シリコン層上に酸化アルミニウム層を成膜した構造を準備した。

[0665]

サンプルS6として、ガラス基板上にアクリル樹脂層を成膜し、アクリル樹脂層上に酸化アルミニウム層を成膜した構造を準備した。

[0666]

サンプルS1及びサンプルS2の第1有機層として、N-(1,1'-ビフェニル-4-イル)-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称:PCBBiF)を真空蒸着法により60nm形成した。

[0667]

また、サンプルS3の第2有機層として、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)と2,9-ジ(ナフタレン-2-イル)-4,7-ジフェニル-1,10-フェナントロリン(略称:NBPhen)の積層構造を用いた。2mpPCBPDBqを真空蒸着法により30nmし、その上にNBPhenを真空蒸着法により10nm積層した。

[0668]

サンプルS1及びサンプルS4に用いたIn-Si-Sn酸化物層は、スパッタリング法により形成した。ターゲットとしてIn-Si-Sn酸化物を用い、ガスとしてアルゴンと酸素の混合ガスを用いた。

[0669]

サンプルS3乃至サンプルS6に用いた酸化アルミニウム層は、ALD法を用いて、基板加熱温度80℃の条件で30nmの厚さとなるように形成した。

[0670]

サンプルS2及びサンプルS4に用いた酸化窒化シリコン層は、PECVD法を用いて、100nmの厚さとなるように形成した。ガスとしてシラン及び亜酸化窒素を用い、基板加熱温度を200℃とした。

[0671]

サンプルS6に用いたアクリル樹脂層は、アクリル樹脂を塗布後、窒素ガス雰囲気下、250℃にて1時間の加熱処理を行い、形成した。なお、アクリル樹脂層は加熱処理後に厚さが2μmとなるように形成した。

[0672]

表1に、サンプルS1乃至サンプルS6の構造を示す。

[0673]

[表 1]

	下層	上層
S1	In-Si-Sn酸化物層	第1有機層
S2	酸化窒化シリコン層	第1有機層
S3	第2有機層	酸化アルミニウム層
S4	In-Si-Sn酸化物層	酸化アルミニウム層
S5	酸化窒化シリコン層	酸化アルミニウム層
S6	アクリル樹脂層	酸化アルミニウム層

[0674]

サンプルS1の評価を行うことにより例えば、実施の形態1等に示す表示装置において、画素電極111と有機層112の密着性を推察することができる。より具体的には例えば、画素電極111と、有機層112が有するホール注入層の密着性を推察することができる。あるいは例えば、画素電極111と、有機層112が有するホール輸送層の密着性を推察することができる。

[0675]

サンプルS2の評価を行うことにより例えば、実施の形態1等に示す表示装置において、絶縁層106と有機層112の密着性を推察することができる。より具体的には例えば、絶縁層106と、有機層112が有するホール注入層の密着性を推察することができる。あるいは例えば、絶縁層106と、有機層112が有するホール輸送層の密着性を推察することができる。

[0676]

サンプルS3の評価を行うことにより例えば、実施の形態1等に示す表示装置において、有機層112と絶縁層118の密着性を推察することができる。より具体的には例えば、有機層112の電子輸送層と、絶縁層118の密着性を推察することができる。

[0677]

サンプルS4の評価を行うことにより例えば、実施の形態1等に示す表示装置において、画素電極111と絶縁層118の密着性を推察することができる。

[0678]

サンプルS5の評価を行うことにより例えば、実施の形態1等に示す表示装置において、絶縁層106と絶縁層118の密着性を推察することができる。

[0679]

サンプルS6の評価を行うことにより例えば、実施の形態1等に示す表示装置において、絶縁層105と絶縁層118の密着性を推察することができる。

[0680]

図28に、サンプルS1乃至サンプルS6の剥離力を示す。サンプルS3では剥離力が0.1[N]であり、他のサンプルと比較して低い値となった。なお、他のサンプルにおいては、剥離力は3.

0 [N] 以上と高い値が得られた。これらのサンプルにおいては実際の剥離力が測定系の上限を超えている可能性があり、実際の剥離力はさらに高い値である可能性がある。

[0681]

図28より、本発明の一態様の表示装置においては、先の実施の形態に述べた通り、画素電極111及び有機層112（PS層155S）を、絶縁層106及び絶縁層118など、剥離力が高い2つの膜の組み合わせにより封止することにより、有機層112（PS層155S）から絶縁層118が剥がれることを抑制する効果を有することが示唆された。

[実施例2]

[0682]

本実施例では、本発明の一態様の表示パネルを作製した。

[0683]

表示パネルの作製は、実施の形態1で例示した作製方法に基づいて行った。具体的には、ガラス基板上にトランジスタ及び配線等を備える画素回路が形成された基板を準備した。続いて、絶縁層105、絶縁層106、画素電極111の順に形成した後、絶縁層105に凹部175を形成した。次に、赤色の発光層を有する有機層112R、緑色の発光層を有する有機層112G、青色の発光層を有する有機層112B、光電変換層を有するPS層155Sを順に形成した後に、樹脂層126を設け、各有機層112及びPS層155S上の絶縁層118及び樹脂層126に開口部を設けた。PS層155Sとして、有機光電変換層を有する層を用いた。続いて、各EL層上に電子注入層、共通電極、及び保護層を順に形成した。その後、封止樹脂を用いてガラス基板を貼り合わせた。

[0684]

絶縁層118には、酸化アルミニウム層と、酸化アルミニウム層上のIn-Ga-Zn酸化物層と、の積層構造を用いた。酸化アルミニウム層は、ALD法により形成した。In-Ga-Zn酸化物層はスパッタリング法により形成した。

[0685]

表示パネルは、表示部のサイズが対角5.72inch、有効画素数が1440×2560、精細度が513ppiである。

[0686]

図29に、表示状態における表示パネルを示す。塗分け方式によって、高い精細度で、且つフルカラーの画像の表示を、実現することができた。また、図29に示す表示パネルを用いてパネルに入射する光を受光し、撮像を行うことができた。

[実施例3]

[0687]

本実施例では、本発明の一態様の凹部を有する構成を作製し、断面観察を行った。

[0688]

ガラス基板上にトランジスタ及び配線等を備える画素回路が形成された基板を準備した。

[0689]

次に、絶縁層105としてアクリル樹脂層を形成した。具体的には、アクリル樹脂の塗布を行い、その後、窒素ガス雰囲気下、250℃にて1時間の加熱処理を行い、アクリル樹脂層を形成した。なお、アクリル樹脂層は加熱処理後に厚さが2μmとなるように形成した。

[0690]

次に、絶縁層 106 として、PECVD法を用いて、窒化シリコン層と酸化窒化シリコン層の積層構造を形成した。具体的にはまず、基板加熱温度を200℃とし、ガスとしてシランと窒素の混合ガスを用いて、10nmの厚さの窒化シリコン層を形成した。続いて、基板加熱温度を200℃とし、ガスとしてシラン及び亜酸化窒素を用いて、200nmの厚さの酸化窒化シリコン層を形成した。

[0691]

次に、画素電極 111 として、In-Si-Sn 酸化物層、APC層、In-Si-Sn 酸化物層の積層構造を形成した。具体的にはまず画素電極 111 の第1の導電層として、スパッタリング法により厚さ10nmのIn-Si-Sn 酸化物層を形成した。ターゲットとしてIn-Si-Sn 酸化物を用い、ガスとしてアルゴンと酸素の混合ガスを用いた。

[0692]

次に、画素電極 111 の第2の導電層として、スパッタリング法により厚さ100nmのAPC層を形成した。ターゲットとして銀(Ag)、パラジウム(Pd)及び銅(Cu)を含む合金を用い、ガスとしてアルゴンを用いた。その後、ウェットエッチングを用いて第2の導電層の加工を行った。

[0693]

次に、画素電極 111 の第3の導電層として、スパッタリング法により厚さ100nmのIn-Si-Sn 酸化物層を形成した。成膜条件は第1の導電層と同じ条件を用いた。その後、ウェットエッチングを用いて第1の導電層及び第3の導電層の加工を行った。

[0694]

次に、ドライエッチング及びアッシングを用いて絶縁層 106 及び絶縁層 105 の加工を行うことにより、一部が絶縁層 106 の下方に位置する凹部 175 を、絶縁層 105 に形成した。

[0695]

まずレジストマスクを形成した。続いてドライエッチングを行った。ドライエッチングにより絶縁層 106 及び絶縁層 105 が加工される。具体的なドライエッチングの条件としては、エッチングガスとして六フッ化硫黄を100sccmの流量で用い、圧力を0.67Paとし、ICP電力を6000Wとし、バイアス電力を500Wとした。エッチング処理時間は180秒とした。

[0696]

次に、アッシングを行った。アッシングにより主に、絶縁層 105 が加工される。具体的なアッシングの条件としては、ガスとして酸素を1800sccmの流量で用い、圧力を40Paとし、バイアス電力を700Wとした。処理時間は、30秒、90秒、または150秒の3条件で条件振りを行った。次いで、アッシング後にレジスト剥離を行った。

[0697]

次に、有機層 112Rf として、PCBBiFを真空蒸着により厚さが100nmとなるように形成した。なお、有機層 112Rf と表現したが、ここでは形状確認のための有機層として、形成工程を簡略化し、PCBBiFの単層構造を用いた。そのため、本実施例で形成した有機層 112Rf には、実際には赤色の波長領域に強度を有する層は含まれていないが、表示装置において用いる有機層と同等の厚さとした。

[0698]

次に絶縁膜 118A として、2層積層構造を形成した（以下、下層を絶縁膜 118A (1)、上層を絶縁膜 118A (2) とそれぞれ示す）。絶縁膜 118A (1) として、酸化アルミニウム膜を

形成し、絶縁膜 118A (2) として、In-Ga-Zn 酸化物膜の積層構造を形成した。

[0699]

酸化アルミニウム膜は、ALD法を用いて、30nmの厚さとなるように形成した。基板加熱温度は80℃とした。

[0700]

In-Ga-Zn 酸化物膜は、スパッタリング法を用いて、ターゲットとしてIn-Si-Sn 酸化物を用い、ガスとしてアルゴンと酸素の混合ガスを用いて、50nmの厚さとなるように形成した。

[0701]

<断面観察>

作製したサンプルをFIBを用いて加工して断面を露出させ、STEMにより断面観察を行った。STEMは、日立ハイテク製のHD-2300を用いた。図31A、図32A、及び図33Aには、加速電圧を200kVとして撮影した透過像を示す。図31Aはアッシングの処理時間が30秒の条件を用いて作製したサンプル、図32Aは90秒の条件を用いて作製したサンプル、図33Aは150秒の条件を用いて作製したサンプルの観察結果である。

[0702]

また、図31Bには、図31Aに補助線を追記し、有機層112Rf等を明瞭化した例を示し、図32Bには、図32Aに補助線を追記し、有機層112Rf等を明瞭化した例を示し、図33Bには、図33Aに補助線を追記し、有機層112Rf等を明瞭化した例を示す。

[0703]

図32A及び図33Aでは、有機層112Rfが絶縁層106の突出した部分において段切れする様子が見られた。また、絶縁膜118A(1)が絶縁層106の下面、及び絶縁層105の側面と接することが示唆された。

[0704]

図32Aでは、凹部175において、幅W2はおよそ60nm程度、深さW5はおよそ280nm程度と見積もることができた。

[0705]

また図33Aでは、凹部175において、幅W2はおよそ90nm程度、深さW5はおよそ400nm程度と見積もることができた。

[0706]

なお図31Aにおいては、凹部175において、幅W2はおよそ10nm程度、深さW5はおよそ180nm程度と見積もることができた。また、図31Aにおいては、有機層112Rfの段切れが明確には観測されなかった。

[0707]

本発明の一態様の作製方法を用いることにより、絶縁層105に凹部175を形成することができた。また、酸素を用いたアッシング工程により、凹部175における幅W2を好適に調整することができた。また、本発明の一態様の作製方法を用いることにより、また、絶縁膜118Aの一部が絶縁層106の下面、及び絶縁層105の側面と接する構成を作製できることが示唆された。

[0708]

<剥離試験>

次に、作製した各サンプルを用いて、剥離試験を行った。

[0709]

上面からみたサンプルの大きさを、長さが126mm、幅が25mmとなるように切断した。上面にテープを貼り、テープに引っ張り強度を加え、形成された2種の膜のうち、上面の膜が下面の膜から剥離する際の強度を測定し、剥離力とした。サンプルは平らな台の上に設置され、テープには、台に垂直な方向に引っ張り強度を加えた。

[0710]

剥離が起きてから、テープの掃引距離（図の横軸において、測定長さと示す）が13mm以上27mm以下の範囲において測定した剥離力を図34A、図34B、及び図35にそれぞれ示す。図34Aは30秒の条件を用いて作製したサンプル、図34Bはアッシングが90秒の条件を用いて作製したサンプル、図35はアッシングが150秒の条件を用いて作製したサンプルの測定結果である。図34Aでは剥離力の最小値は0.04N、最大値は0.06Nであった。図34Bでは、剥離力の最小値は0.03N、剥離力の最大値は0.57Nであった。図35では剥離力の最小値は1.95N、最大値は2.15Nであった。凹部175の幅W2が大きくなるほど剥離力が高くなる様子が見られ、W2が60nmの条件（アッシングが90秒のサンプル）では剥離力が0.2N以上を超える測定点が多くみられ、剥離力に優れる結果となった。また、W2が90nmの条件（アッシングが150秒のサンプル）ではさらに高い、優れた剥離力が得られた。

[符号の説明]

[0711]

100A：表示装置、100：表示装置、101：基板、102：基板、105：絶縁層、106：絶縁層、110a：発光素子、110B：発光素子、110b：発光素子、110c：発光素子、110d：受光素子、110G：発光素子、110R：発光素子、110S：受光素子、110：発光素子、111__1：導電層、111__2：導電層、111__3：導電層、111B：画素電極、111G：画素電極、111R：画素電極、111S：画素電極、111：画素電極、112B：有機層、112G：有機層、112Gf：有機層、112R：有機層、112Rf：有機層、112：有機層、113：共通電極、114：共通層、115a：導電層、115b：導電層、115d：導電層、117：遮光層、118a：絶縁層、118A：絶縁膜、118b：絶縁層、118B：絶縁膜、118c：絶縁層、118d：絶縁層、118g：絶縁層、118：絶縁層、121：保護層、123：導電層、124a：画素、124b：画素、125A：絶縁膜、125：絶縁層、126A：樹脂膜、126：樹脂層、127a：導電層、127b：導電層、127d：導電層、128：層、129a：導電層、129b：導電層、129d：導電層、130a：副画素、130b：副画素、130c：副画素、130d：副画素、140：接続部、142：接着層、150：画素、151：基板、152：基板、155S：PS層、164：回路、165：配線、166：導電層、167：表示部、170：基板、171：接着層、172：FPC、173：IC、175：凹部、181：レジストマスク、182：レジストマスク、190：指、191：接触部、192：指紋、193：撮像範囲、200A：表示装置、200B：表示装置、200C：表示装置、200D：表示装置、200E：表示装置、200F：表示装置、200G：表示装置、200H：表示装置、201：トランジスタ、204：接続部、205：トランジスタ、209：トランジスタ、210：トランジスタ、211：絶縁層、213：絶縁層、215：絶縁層、218：絶縁層、221：導電層、222a：導電層、222b：導電層、223：導電層、225：

絶縁層、231i：チャンネル形成領域、231n：低抵抗領域、231：半導体層、240：容量、241：導電層、242：接続層、243：絶縁層、245：導電層、251：導電層、252：導電層、254：絶縁層、255：絶縁層、256：プラグ、261：絶縁層、262：絶縁層、263：絶縁層、264：絶縁層、265：絶縁層、271：プラグ、274a：導電層、274b：導電層、274：プラグ、280：表示モジュール、281：表示部、282：回路部、283a：画素回路、283：画素回路部、284a：画素、284：画素部、285：端子部、286：配線部、290：FPC、291：基板、292：基板、301A：基板、301B：基板、301：基板、310A：トランジスタ、310B：トランジスタ、310：トランジスタ、311：導電層、312：低抵抗領域、313：絶縁層、314：絶縁層、315：素子分離層、320A：トランジスタ、320B：トランジスタ、320：トランジスタ、321：半導体層、323：絶縁層、324：導電層、325：導電層、326：絶縁層、327：導電層、328：絶縁層、329：絶縁層、331：基板、332：絶縁層、335：絶縁層、336：絶縁層、341：導電層、342：導電層、343：プラグ、344：絶縁層、345：絶縁層、346：絶縁層、347：バンパ、348：接着層、400：表示装置、402：駆動回路部、403：駆動回路部、404：表示部、405B：副画素、405G：副画素、405R：副画素、405：画素、430：画素、700A：電子機器、700B：電子機器、721：筐体、723：装着部、727：イヤフォン部、750：イヤフォン、751：表示パネル、753：光学部材、756：表示領域、757：フレーム、758：鼻パッド、761：下部電極、762：上部電極、763a：発光ユニット、763b：発光ユニット、763c：発光ユニット、763：EL層、764：層、771a：発光層、771b：発光層、771c：発光層、771：発光層、772a：発光層、772b：発光層、772c：発光層、772：発光層、773：発光層、780a：層、780b：層、780c：層、780：層、781：層、782：層、783：光電変換層、785：電荷発生層、787：PS層、790a：層、790b：層、790c：層、790：層、791：層、792：層、800A：電子機器、800B：電子機器、820：表示部、821：筐体、822：通信部、823：装着部、824：制御部、825：撮像部、827：イヤフォン部、832：レンズ、6500：電子機器、6501：筐体、6502：表示部、6503：電源ボタン、6504：ボタン、6505：スピーカ、6506：マイク、6507：カメラ、6508：光源、6510：保護部材、6511：表示パネル、6512：光学部材、6513：タッチセンサパネル、6515：FPC、6516：IC、6517：プリント基板、6518：バッテリー、7000：表示部、7100：テレビジョン装置、7101：筐体、7103：スタンド、7111：リモコン操作機、7200：ノート型パーソナルコンピュータ、7211：筐体、7212：キーボード、7213：ポインティングデバイス、7214：外部接続ポート、7300：デジタルサイネージ、7301：筐体、7303：スピーカ、7311：情報端末機、7400：デジタルサイネージ、7401：柱、7411：情報端末機、9000：筐体、9001：表示部、9002：カメラ、9003：スピーカ、9005：操作キー、9006：接続端子、9007：センサ、9008：マイクロフォン、9050：アイコン、9051：情報、9052：情報、9053：情報、9054：情報、9055：ヒンジ、9101：携帯情報端末、9102：携帯情報端末、9103：タブレット端末、9200：携帯情報端末、9201：携帯情報端末

請求の範囲

[請求項 1]

第 1 の絶縁層と、
前記第 1 の絶縁層上の、発光素子及び受光素子と、
第 2 の絶縁層と、
第 3 の絶縁層と、
前記第 1 の絶縁層上の樹脂層と、
を有し、
前記発光素子は、第 1 の画素電極と、第 1 の有機層と、共通電極と、を有し、
前記受光素子は、第 2 の画素電極と、第 2 の有機層と、前記共通電極と、を有し、
前記第 1 の有機層は、発光層を含み、
前記第 2 の有機層は、光電変換層を含み、
前記第 1 の絶縁層は、凹部を有し、
前記凹部は、前記第 1 の画素電極と重なる領域と、前記第 2 の画素電極と重なる領域と、前記第 1 の画素電極及び前記第 2 の画素電極と重ならない領域と、を有し、
前記第 2 の絶縁層は、前記第 1 の有機層の上面と接する領域、前記第 1 の有機層の側面と接する領域、及び、前記第 1 の画素電極の下方に位置する領域を有し、
前記第 3 の絶縁層は、前記第 2 の有機層の上面と接する領域、前記第 2 の有機層の側面と接する領域、及び、前記第 2 の画素電極の下方に位置する領域を有し、
前記樹脂層は、前記凹部内に位置する領域を有し、
前記共通電極は、前記樹脂層の上面を覆って設けられる、
表示装置。

[請求項 2]

請求項 1 において、
前記第 2 の絶縁層は、前記第 1 の画素電極の下方において前記第 1 の絶縁層と接する領域を有し、
前記第 3 の絶縁層は、前記第 2 の画素電極の下方において前記第 1 の絶縁層と接する領域を有する表示装置。

[請求項 3]

請求項 1 または請求項 2 において、
前記第 1 の画素電極の端部と前記第 2 の画素電極の端部との最短距離は、前記第 1 の有機層の膜厚の 2 倍よりも大きい、
表示装置。

[請求項 4]

請求項 1 または請求項 2 において、
前記凹部は、断面視において、下に凸の円弧状の形状を有する、
表示装置。

[請求項 5]

請求項 1 または請求項 2 において、
前記第 2 の絶縁層、及び前記第 3 の絶縁層のそれぞれは、アルミニウムと、酸素と、を有する、
表示装置。

[請求項 6]

第 1 の絶縁層と、
前記第 1 の絶縁層上の第 2 の絶縁層及び第 3 の絶縁層と、
前記第 2 の絶縁層上の発光素子と、
前記第 3 の絶縁層上の受光素子と、
第 4 の絶縁層と、
第 5 の絶縁層と、
前記第 1 の絶縁層上の樹脂層と、
を有し、
前記第 1 の絶縁層は、有機絶縁層であり、
前記第 2 の絶縁層及び前記第 3 の絶縁層は、無機絶縁層であり、
前記発光素子は、第 1 の画素電極と、第 1 の有機層と、共通電極と、を有し、
前記受光素子は、第 2 の画素電極と、第 2 の有機層と、前記共通電極と、を有し、
前記第 1 の有機層は、発光層を含み、
前記第 2 の有機層は、光電変換層を含み、
前記第 1 の絶縁層は凹部を有し、
前記凹部は、前記第 1 の画素電極と重なる領域と、前記第 2 の画素電極と重なる領域と、前記第 1 の画素電極及び前記第 2 の画素電極と重ならない領域と、を有し、
前記第 4 の絶縁層は、前記第 1 の有機層の上面と接する領域、前記第 1 の有機層の側面と接する領域、及び、前記第 1 の画素電極の下方において前記第 2 の絶縁層に接する領域を有し、
前記第 5 の絶縁層は、前記第 2 の有機層の上面と接する領域、前記第 2 の有機層の側面と接する領域、及び、前記第 2 の画素電極の下方において前記第 3 の絶縁層に接する領域を有し、
前記樹脂層は、前記凹部内に位置する領域を有し、
前記共通電極は、前記樹脂層の上面を覆って設けられる、
表示装置。

[請求項 7]

第 1 の絶縁層上に、第 1 の画素電極及び第 2 の画素電極を形成し、
前記第 1 の絶縁層の一部をエッチングし、前記第 1 の画素電極と重なる領域と、前記第 2 の画素電極と重なる領域と、前記第 1 の画素電極及び前記第 2 の画素電極と重ならない領域と、を有する凹部を形成し、
前記第 1 の画素電極上、前記第 2 の画素電極上、及び前記第 1 の絶縁層上に、第 1 の有機膜を成膜することで、前記第 1 の画素電極上に第 1 の有機層が形成され、かつ、前記第 2 の画素電極上に第 2 の有機層が形成され、
前記第 1 の有機層上に第 2 の絶縁層を形成し、
前記第 2 の有機層を除去し、
前記第 1 の有機層上、前記第 2 の画素電極上、及び前記第 1 の絶縁層上に第 2 の有機膜を成膜することで、前記第 2 の画素電極上に第 3 の有機層が形成され、かつ、前記第 1 の有機層上に第 4 の有機層が形成され、
前記第 3 の有機層上に第 3 の絶縁層を形成し、
前記第 4 の有機層を除去し、

前記第1の絶縁層上、前記第2の絶縁層上及び前記第3の絶縁層上に樹脂層を形成し、
前記樹脂層の一部、前記第2の絶縁層の一部及び前記第3の絶縁層の一部を除去することで、前記樹脂層及び前記第2の絶縁層に、前記第1の有機層に達する第1の開口部を形成し、かつ、前記樹脂層及び前記第3の絶縁層に、前記第3の有機層に達する第2の開口部を形成し、
前記第1の開口部を介して前記第1の有機層と重畳し、かつ、前記第2の開口部を介して前記第3の有機層と重畳するように、共通電極を形成する、表示装置の作製方法。

[請求項8]

請求項7において、
前記第1の有機膜は、赤色の波長域、緑色の波長域、または青色の波長域に強度を有する光を発する発光性の化合物を含み、
前記第2の有機膜は、赤色の波長域、緑色の波長域、及び青色の波長域のうち、前記第1の有機膜とは異なる色の波長域に強度を有する光を発する発光性の化合物を含む、表示装置の作製方法。

[請求項9]

請求項7において、
前記第1の有機膜は、発光性の化合物を含み、
前記第2の有機膜は、有機半導体を含む、表示装置の作製方法。

[請求項10]

第1の絶縁層と、
前記第1の絶縁層上の第1の発光素子、第2の発光素子及び樹脂層と、
第2の絶縁層と、
第3の絶縁層と、
を有し、
前記第1の発光素子は、第1の画素電極と、第1の有機層と、共通電極と、を有し、
前記第2の発光素子は、第2の画素電極と、第2の有機層と、前記共通電極と、を有し、
前記第1の有機層及び前記第2の有機層はそれぞれ、発光層を含み、
前記第1の絶縁層は、凹部を有し、
前記凹部は、平面視において前記第1の画素電極の辺に沿って設けられる、溝状の領域を有し、
前記溝状の領域は、前記第1の画素電極と重なる第1の領域と、前記第2の画素電極と重なる第2の領域と、を有し、
前記第1の領域の幅は、20nm以上500nm以下であり、
前記第2の領域の幅は、20nm以上500nm以下であり、
前記第2の絶縁層は、前記第1の有機層の上面と接する領域、前記第1の有機層の側面と接する領域、及び、前記第1の画素電極の下方に位置する領域を有し、
前記第3の絶縁層は、前記第2の有機層の上面と接する領域、前記第2の有機層の側面と接する領域、及び、前記第2の画素電極の下方に位置する領域を有し、
前記樹脂層は、前記凹部内に位置する領域を有し、
前記共通電極は、前記樹脂層の上面を覆う領域を有する、
表示装置。

[請求項11]

請求項10において、

前記溝状の領域の深さは50nm以上3000nm以下である、
表示装置。

[請求項12]

請求項10または請求項11において、
前記第2の絶縁層は、前記第1の画素電極の下方において前記第1の絶縁層と接する領域を有し、
前記第3の絶縁層は、前記第2の画素電極の下方において前記第1の絶縁層と接する領域を有する表示装置。

[請求項13]

請求項10または請求項11において、
前記第1の画素電極の端部と前記第2の画素電極の端部との最短距離は、前記第1の有機層の膜厚の2倍よりも大きい、
表示装置。

[請求項14]

請求項10または請求項11において、
前記凹部は、断面視において、下に凸の円弧状の形状を有する、
表示装置。

[請求項15]

請求項10または請求項11において、
前記第2の絶縁層、及び前記第3の絶縁層のそれぞれは、アルミニウムと、酸素と、を有する、
表示装置。

[請求項16]

第1の絶縁層と、
前記第1の絶縁層上の第2の絶縁層、第3の絶縁層、及び樹脂層と、
前記第2の絶縁層上の第1の発光素子と、
前記第3の絶縁層上の第2の発光素子と、
第4の絶縁層と、
第5の絶縁層と、
を有し、
前記第1の絶縁層は、有機絶縁層であり、
前記第2の絶縁層及び前記第3の絶縁層は、無機絶縁層であり、
前記第1の発光素子は、第1の画素電極と、第1の有機層と、共通電極と、を有し、
前記第2の発光素子は、第2の画素電極と、第2の有機層と、前記共通電極と、を有し、
前記第1の有機層及び前記第2の有機層はそれぞれ、発光層を含み、
前記第1の絶縁層は、凹部を有し、
前記凹部は、平面視において前記第1の画素電極の辺に沿って設けられる、溝状の領域を有し、
前記溝状の領域は、前記第1の画素電極と重なる第1の領域と、前記第2の画素電極と重なる第2の領域と、を有し、
前記第1の領域の幅は、20nm以上500nm以下であり、
前記第2の領域の幅は、20nm以上500nm以下であり、
前記第4の絶縁層は、前記第1の有機層の上面と接する領域、前記第1の有機層の側面と接する

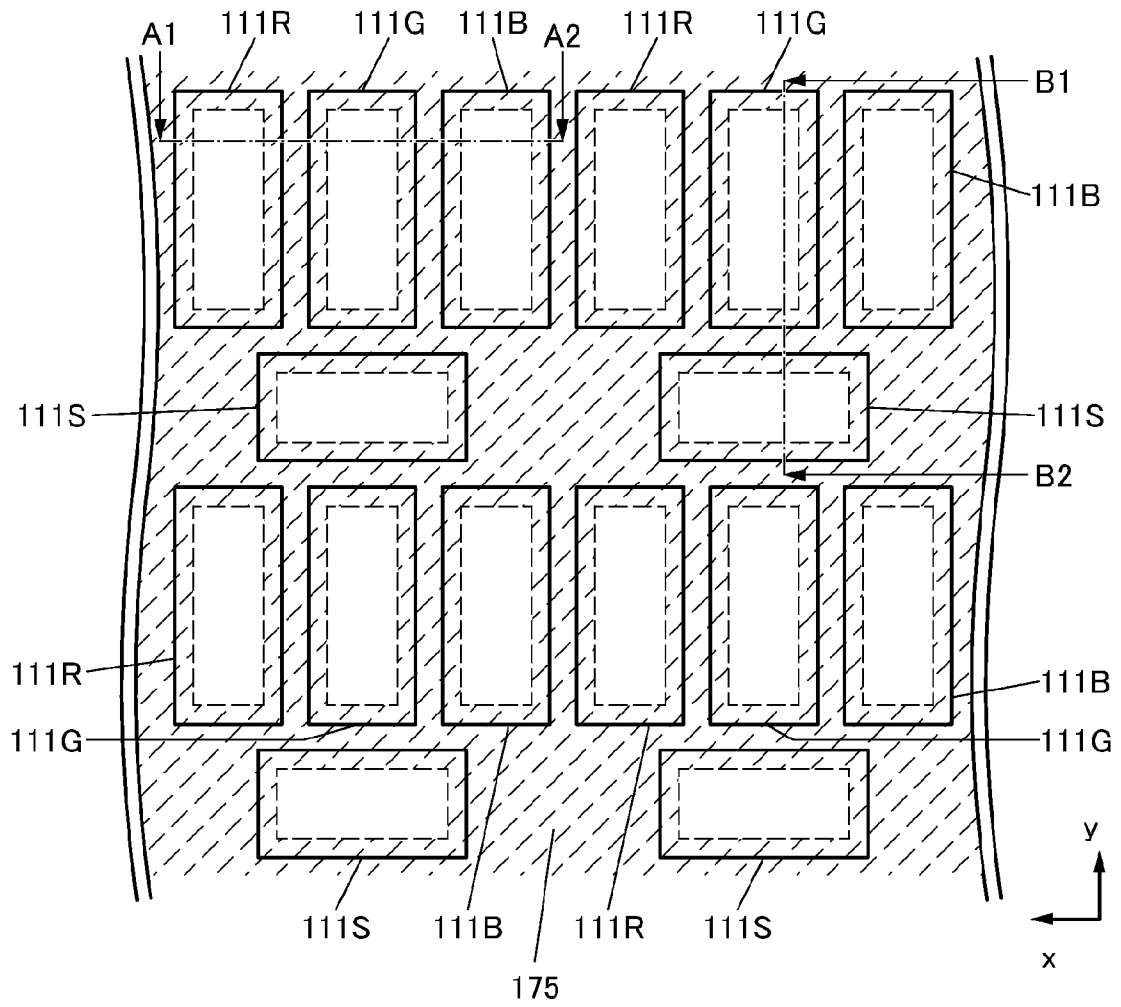
領域、及び、前記第 1 の画素電極の下方において前記第 2 の絶縁層に接する領域を有し、
前記第 5 の絶縁層は、前記第 2 の有機層の上面と接する領域、前記第 2 の有機層の側面と接する
領域、及び、前記第 2 の画素電極の下方において前記第 3 の絶縁層に接する領域を有し、
前記樹脂層は、前記凹部内に位置する領域を有し、
前記共通電極は、前記樹脂層の上面を覆う領域を有する、
表示装置。

[請求項 17]

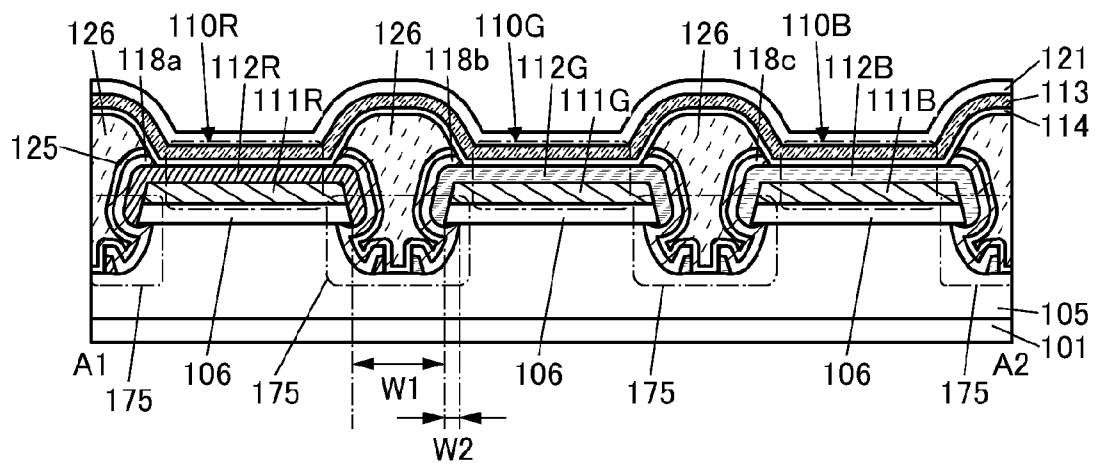
請求項 16 において、
前記溝状の領域の深さは 50 nm 以上 3000 nm 以下である、
表示装置。

図 1

100A



100A



100A

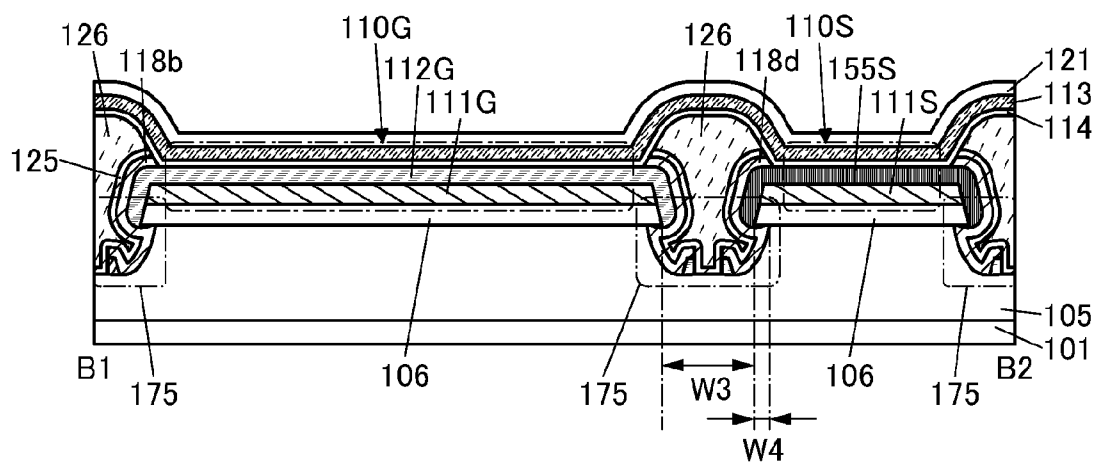


図3

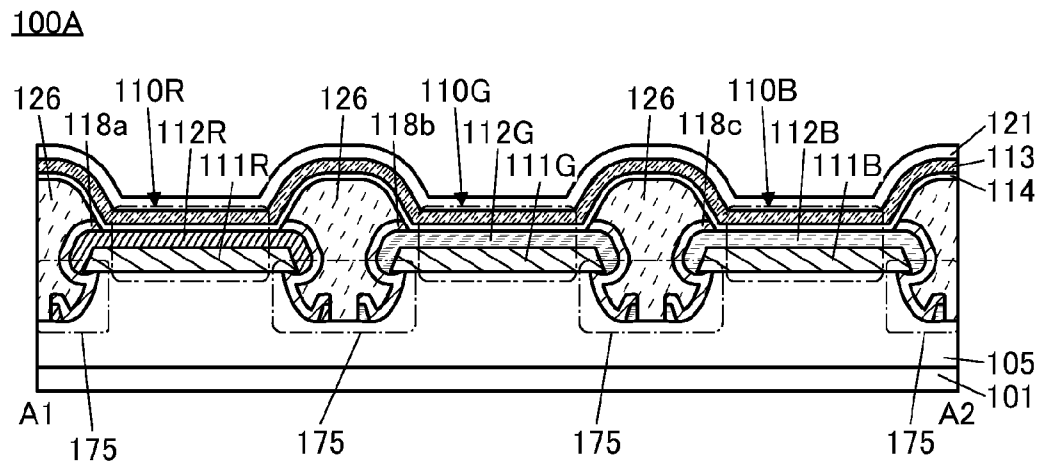


图4A

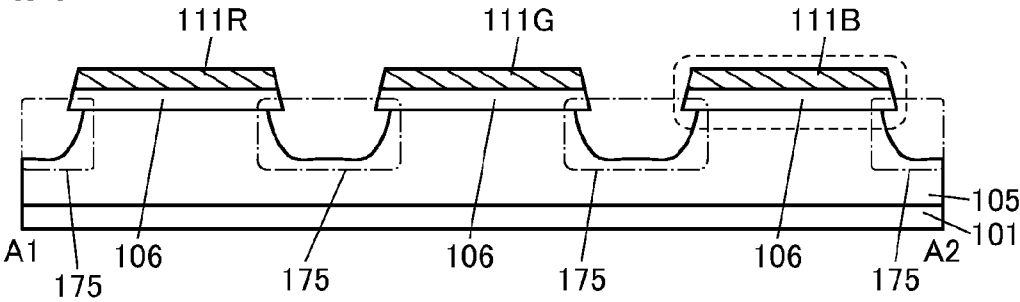


图4B

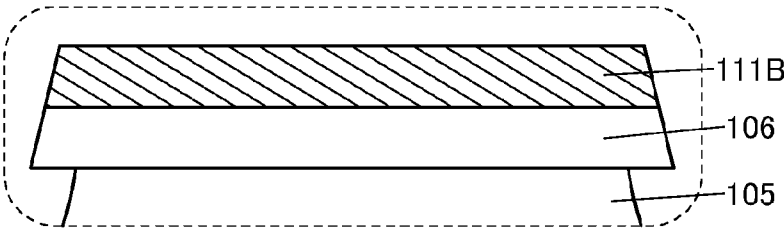


图4C

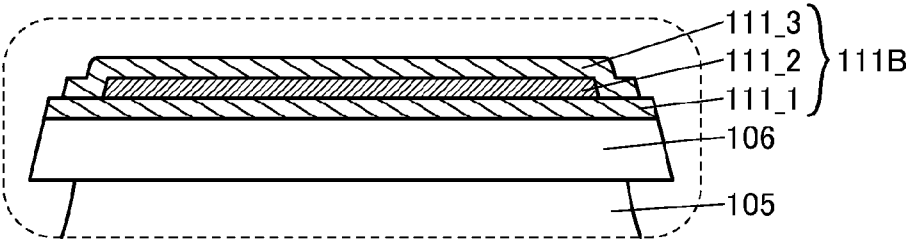


图4D

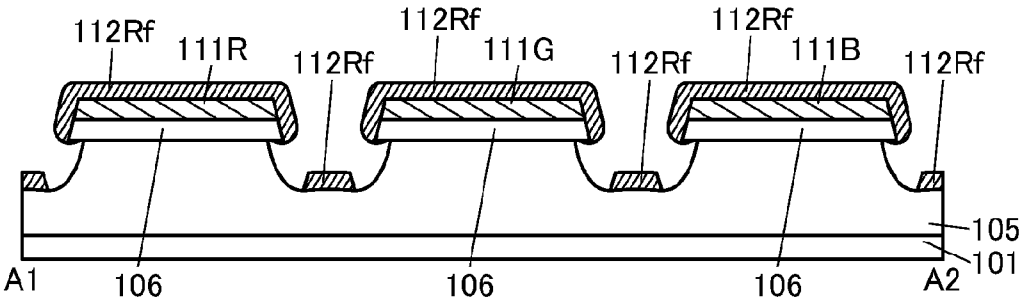


图4E

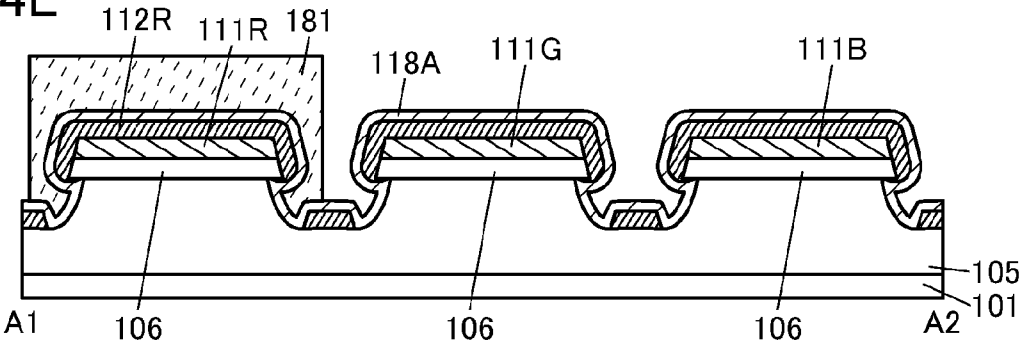


図5A

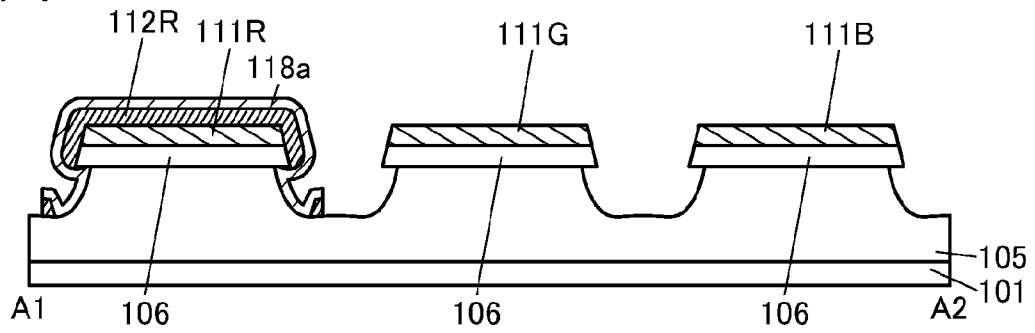


図5B

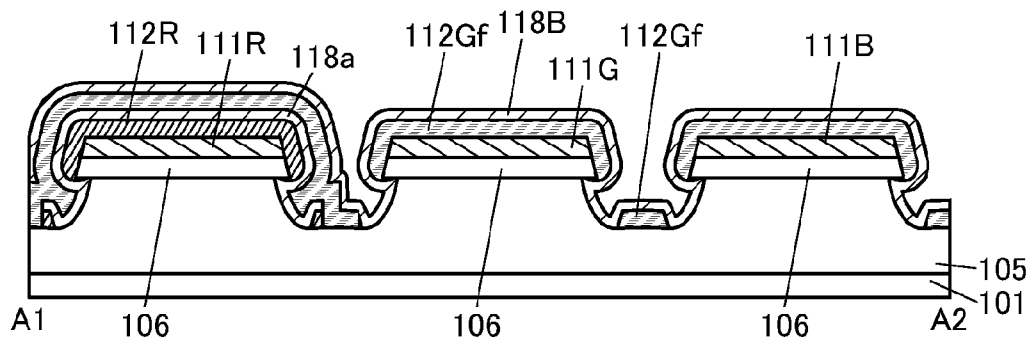


図5C

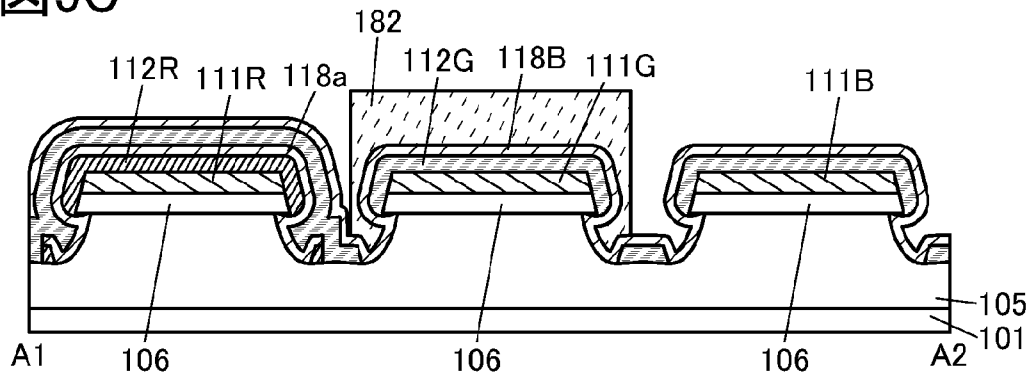


図5D

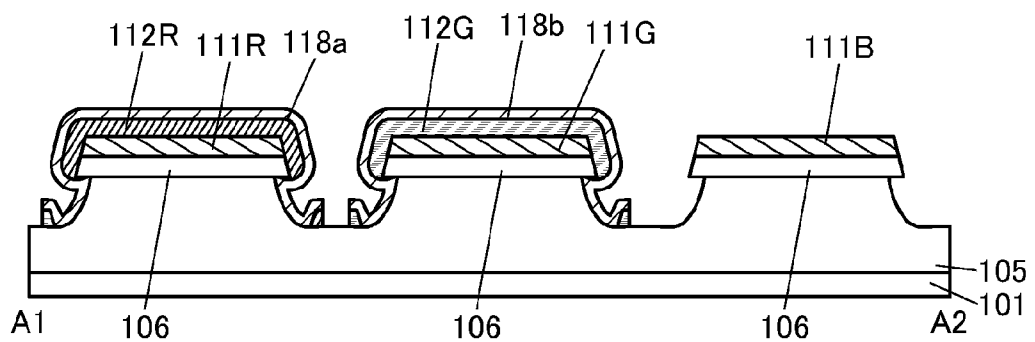


图6A

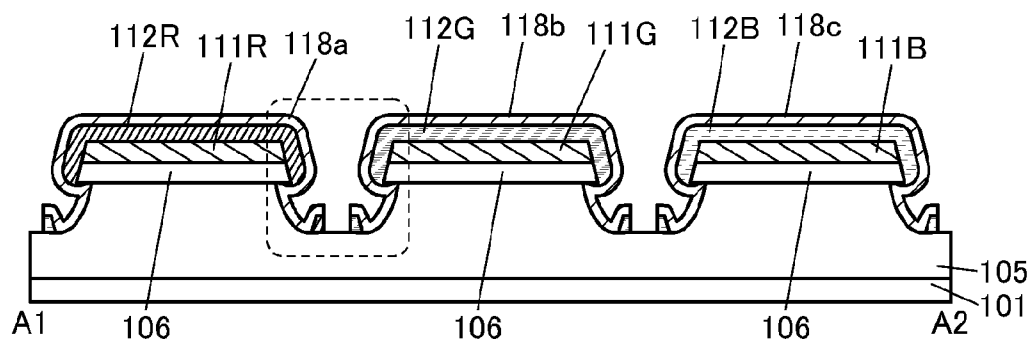


图6B

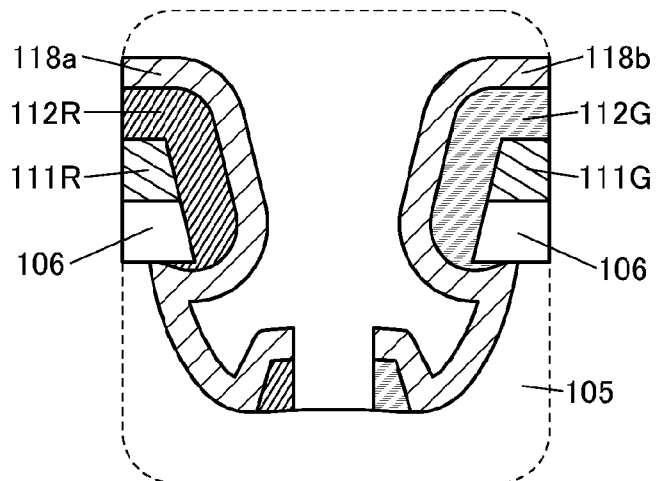


图6C

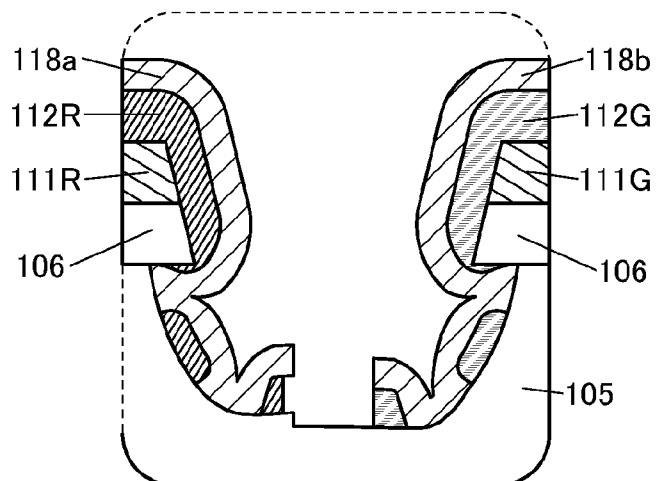


図7A

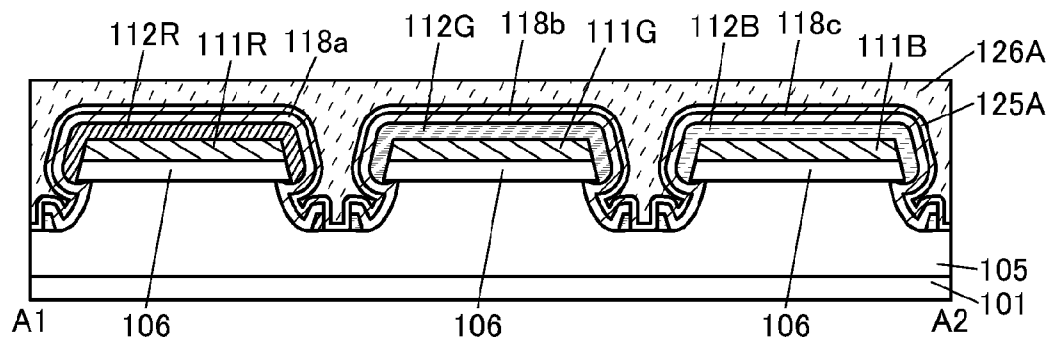


図7B

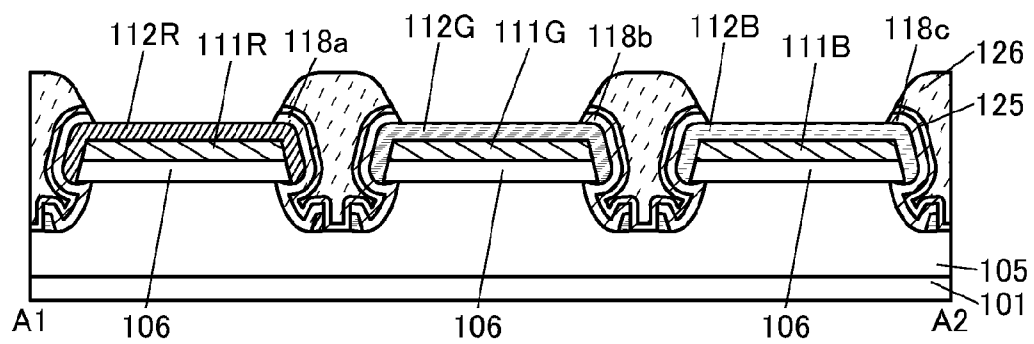


図7C

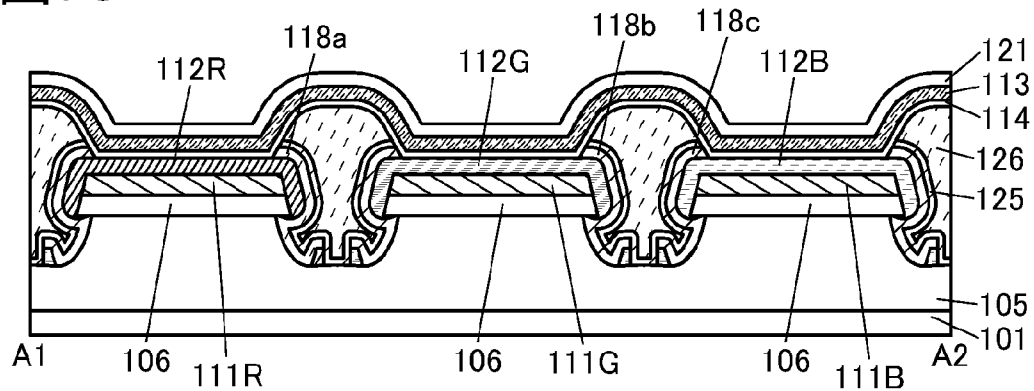


図8A

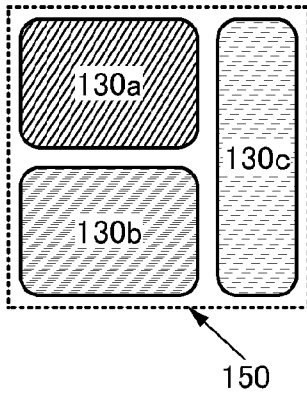


図8B

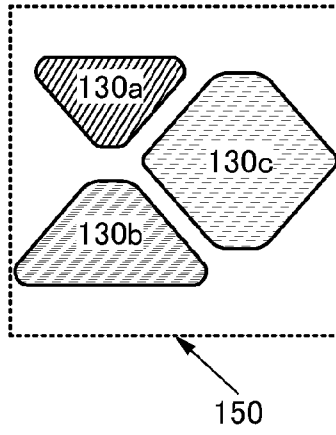


図8C

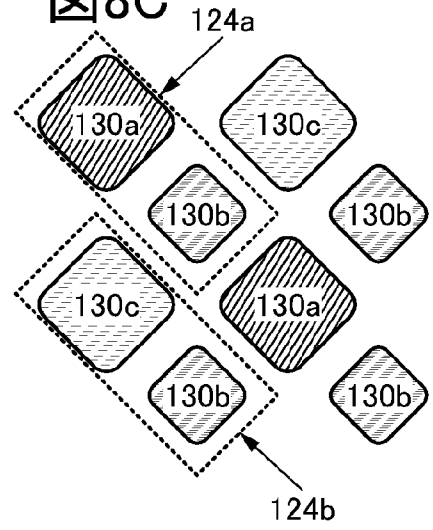


図8D

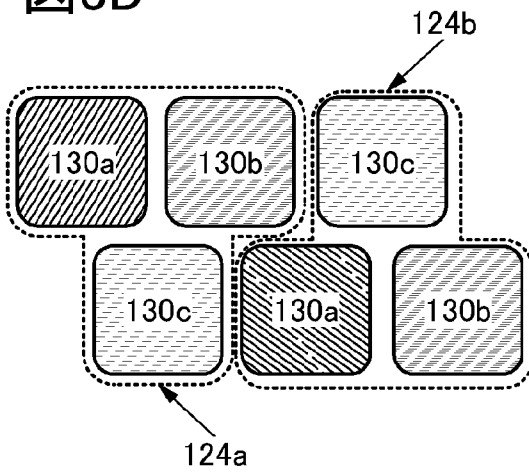


図8E

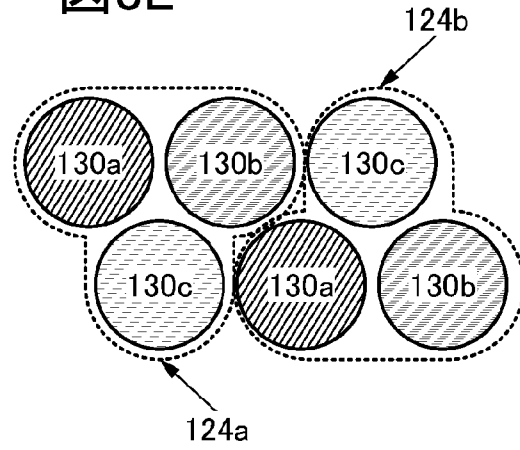


図8F

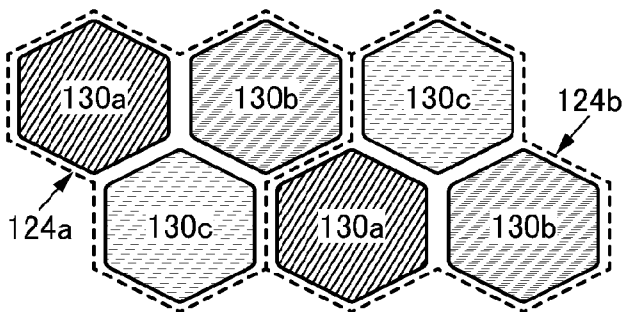


図8G

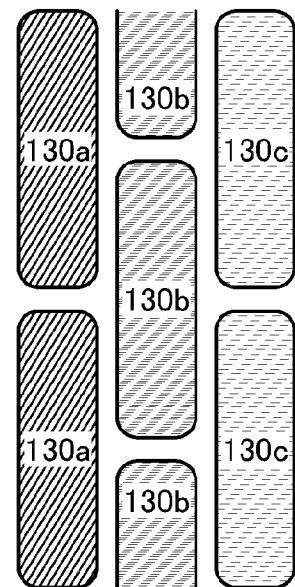


図9A

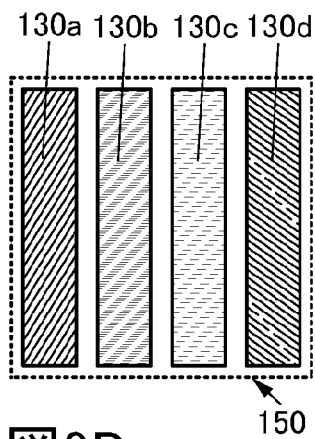


図9L

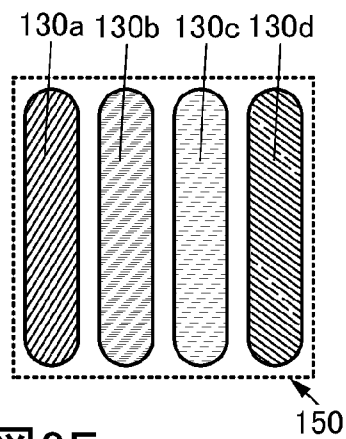


図9C

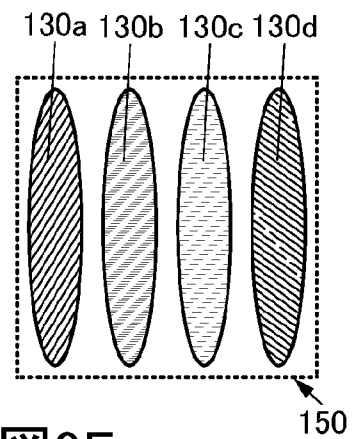


図9D

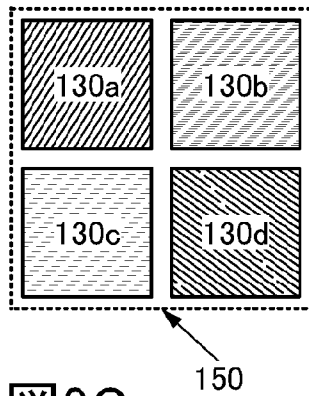


図9E

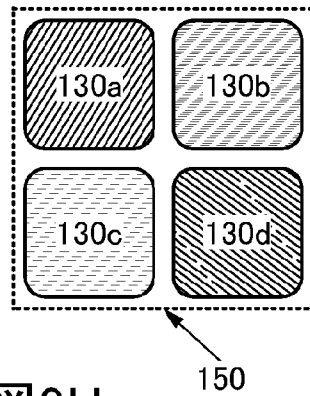


図9F

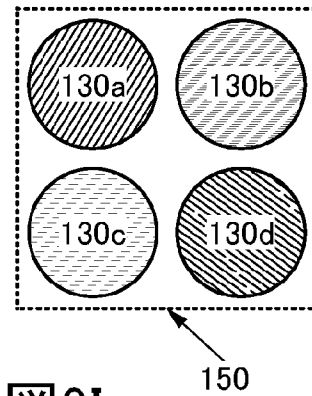


図9G

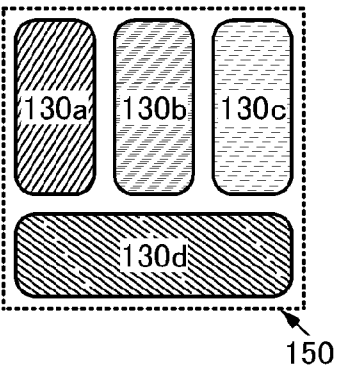


図9H

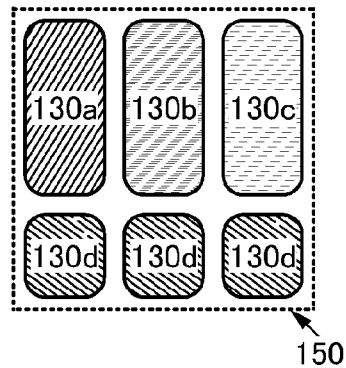


図9I

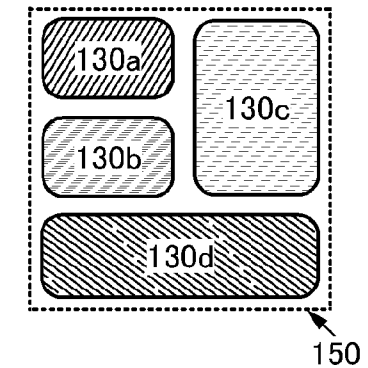


図10A

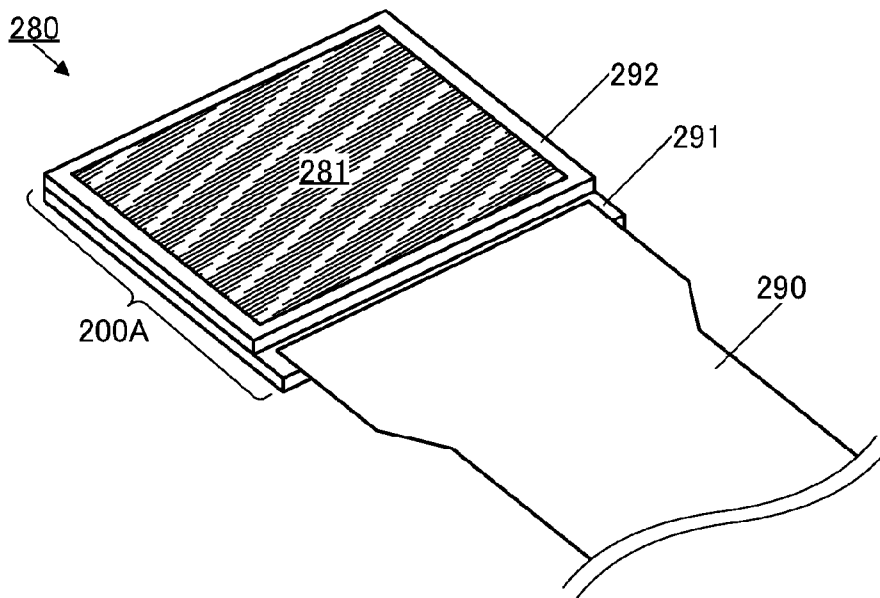


図10B

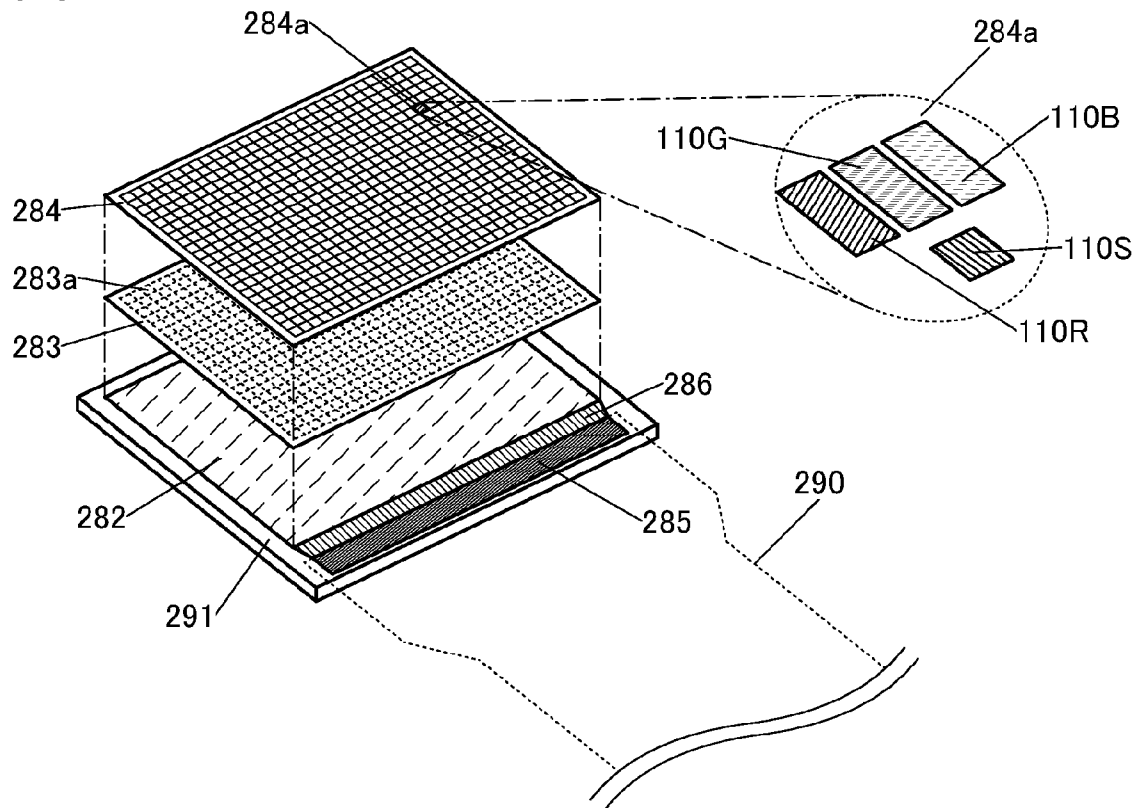
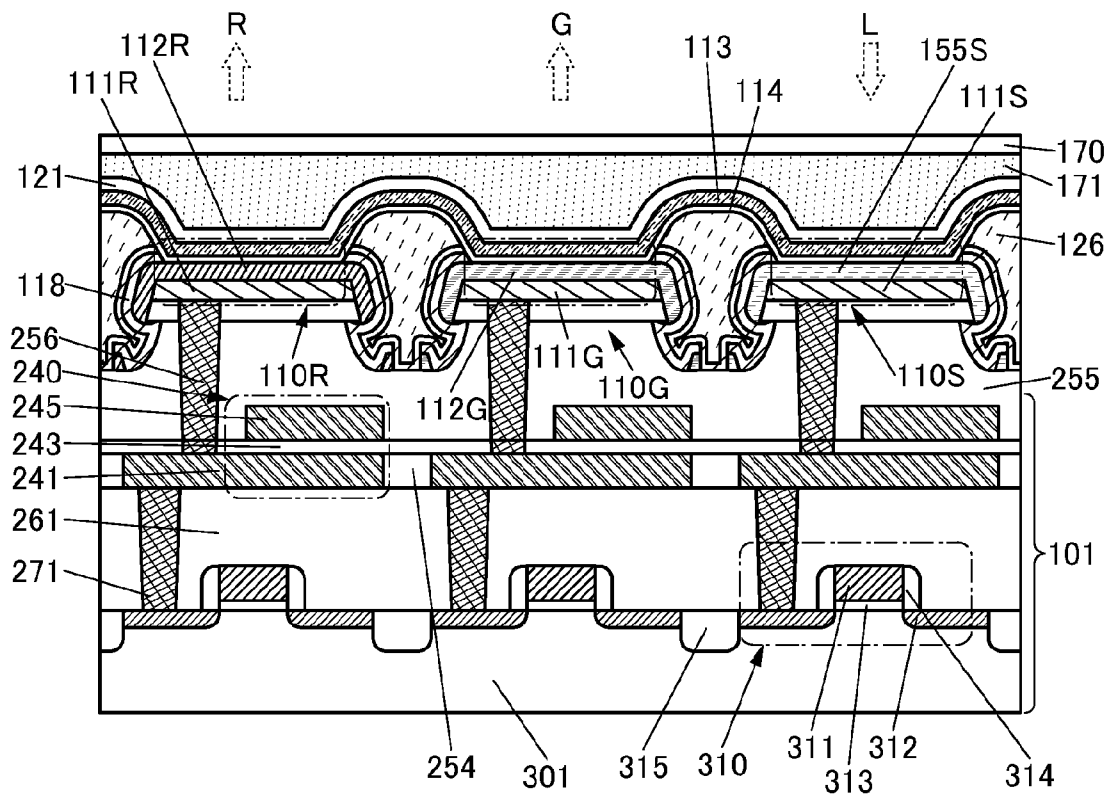


図 11

200A



200C

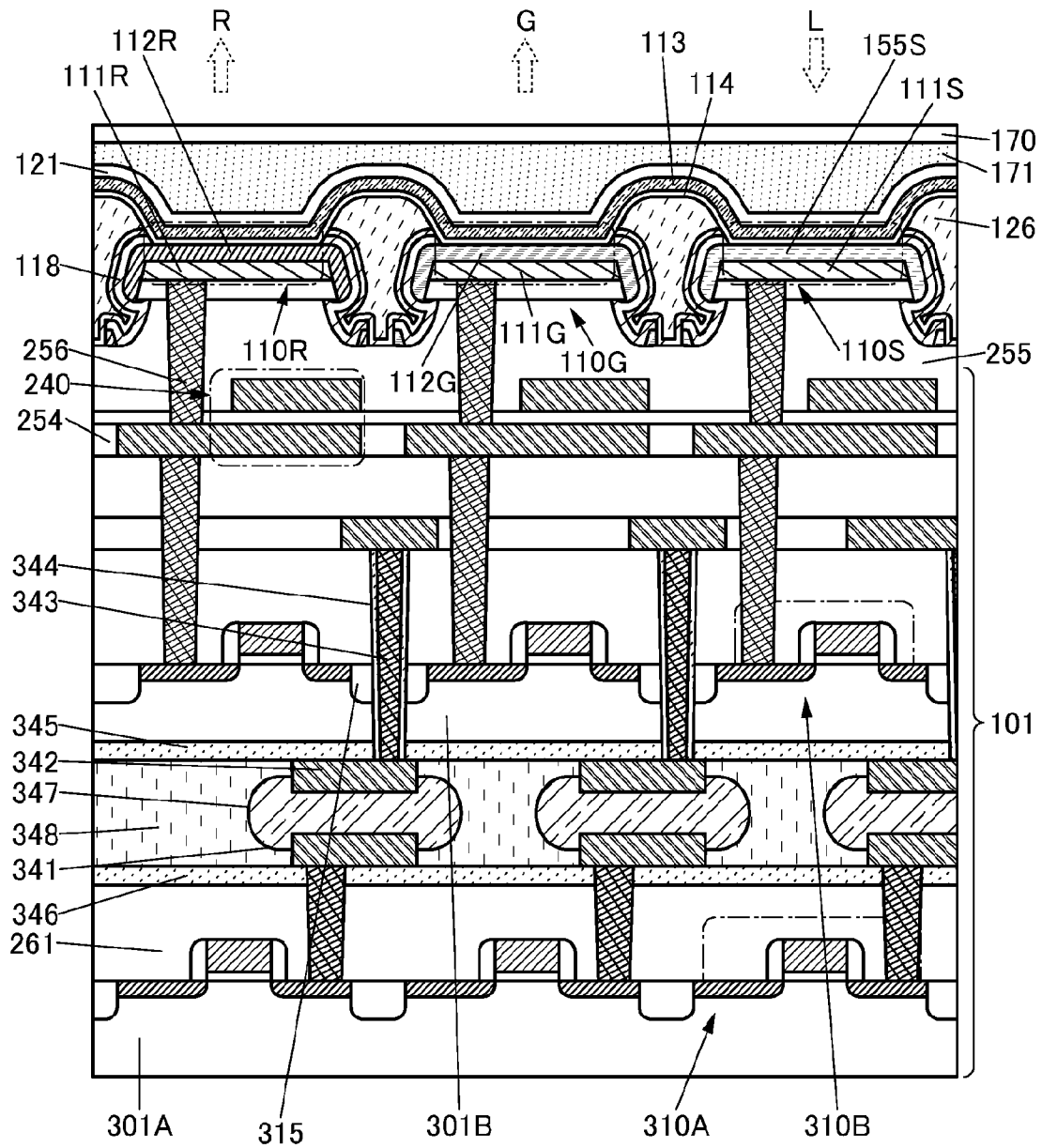


図14

200D

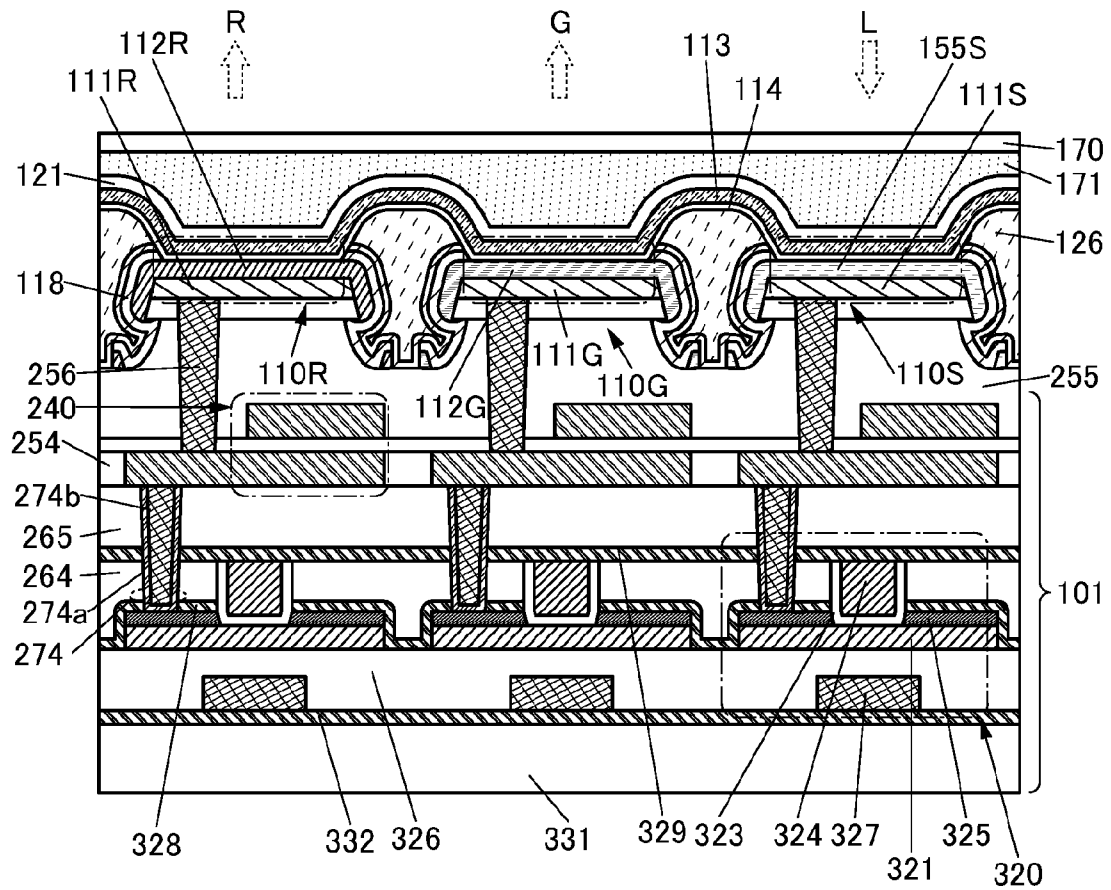


図15

200E

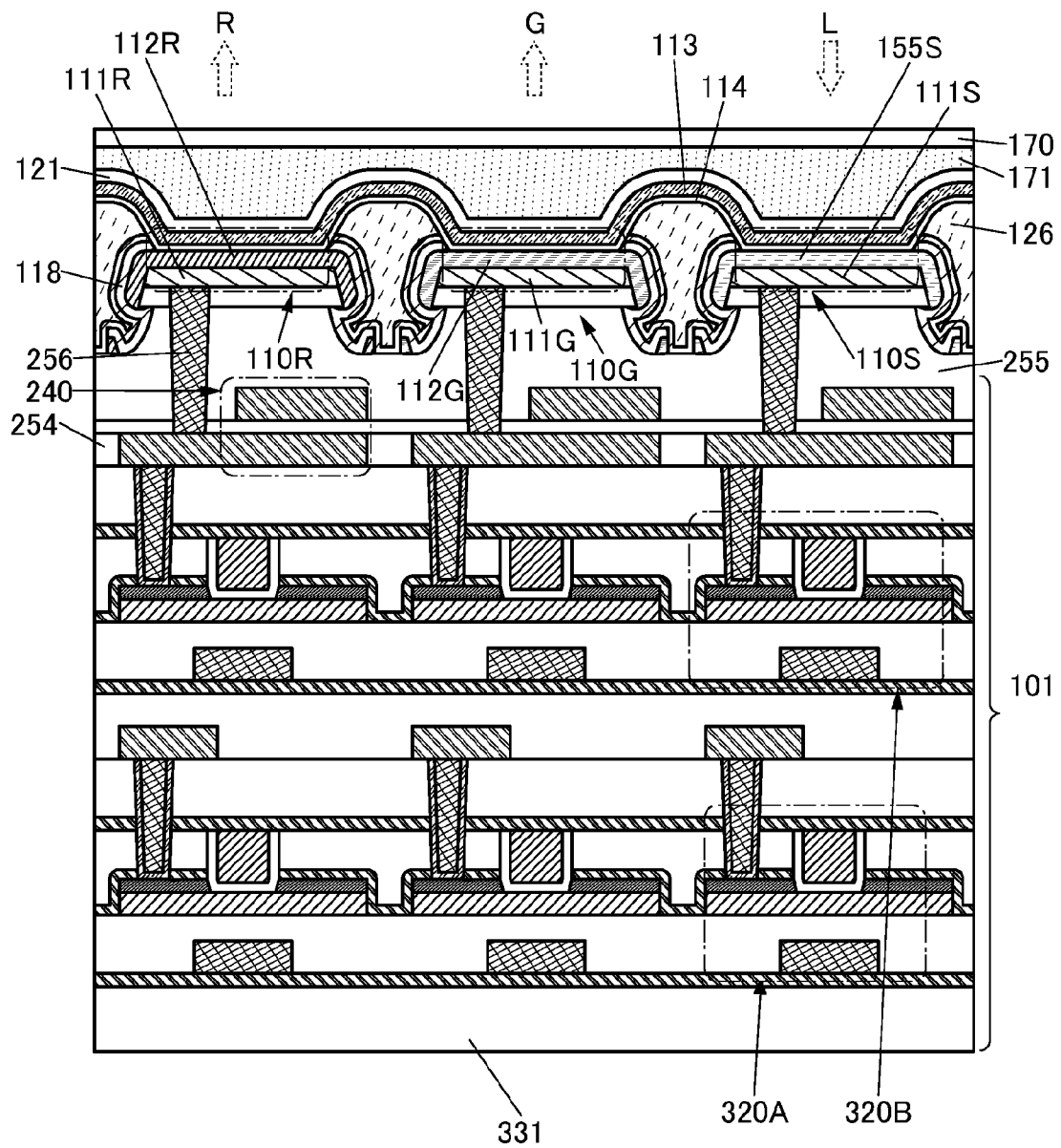


図 16

200E

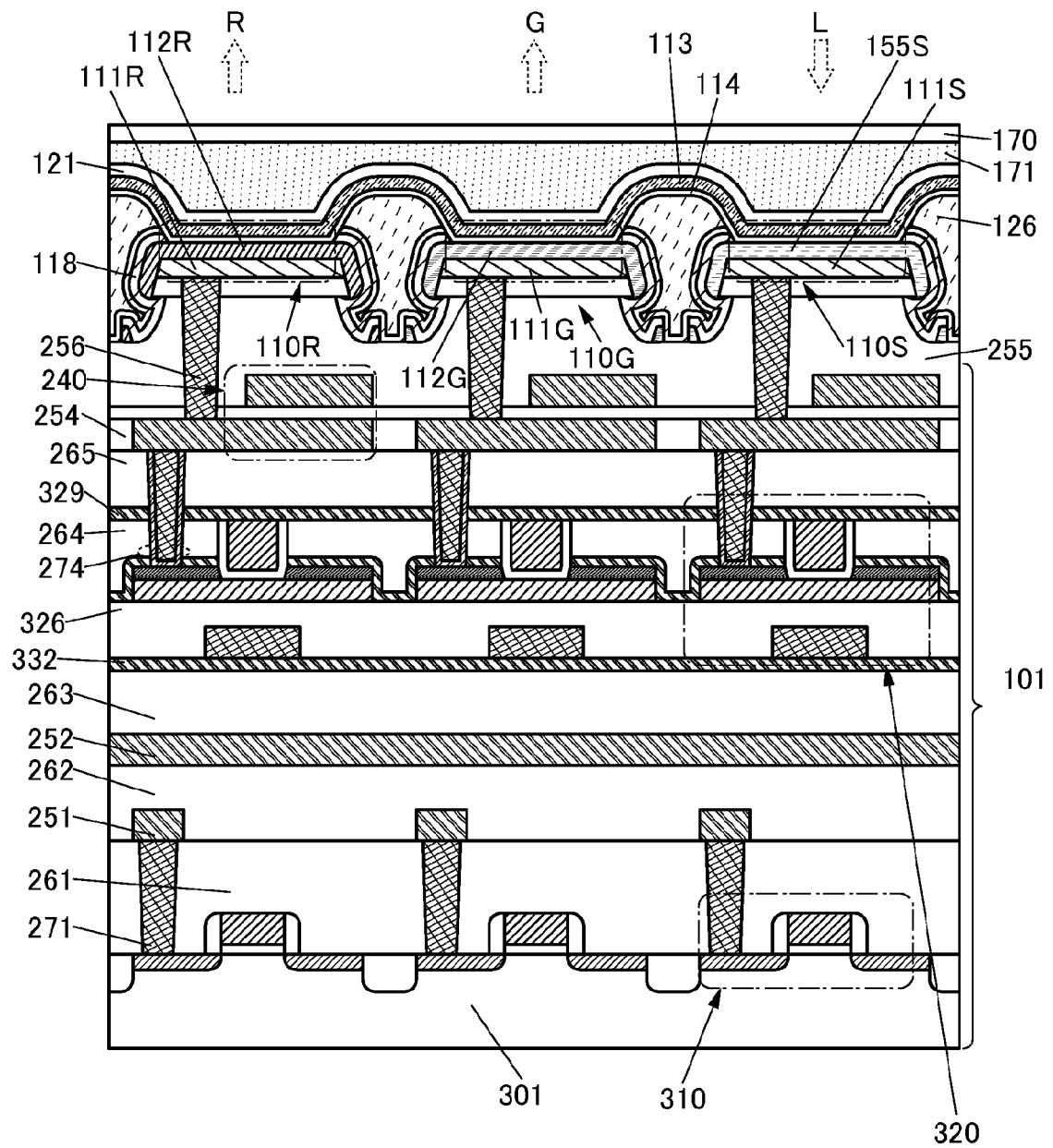
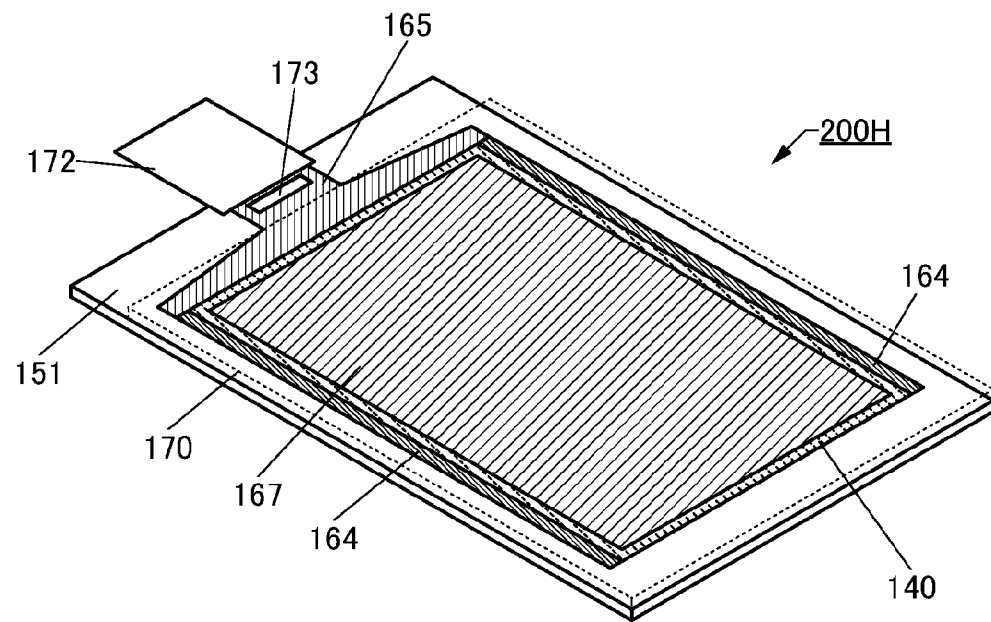
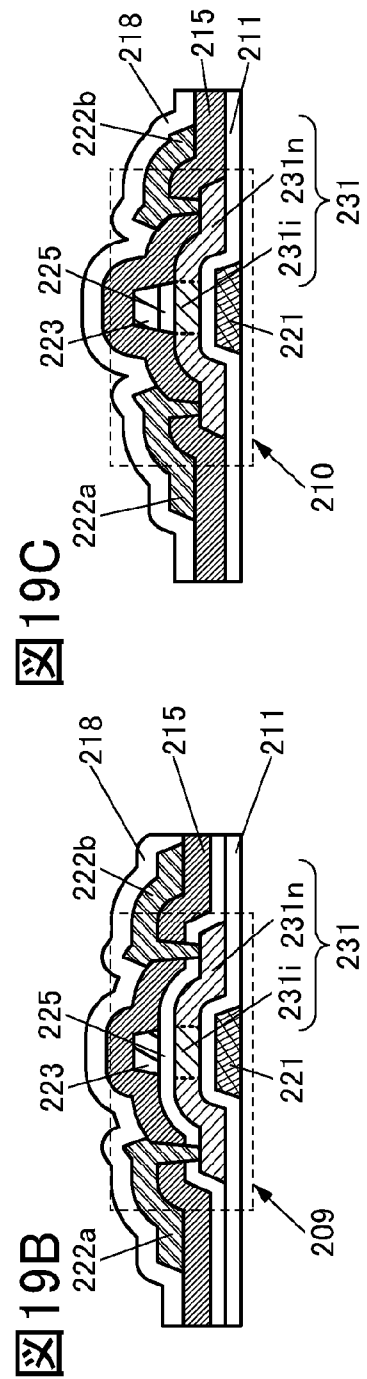
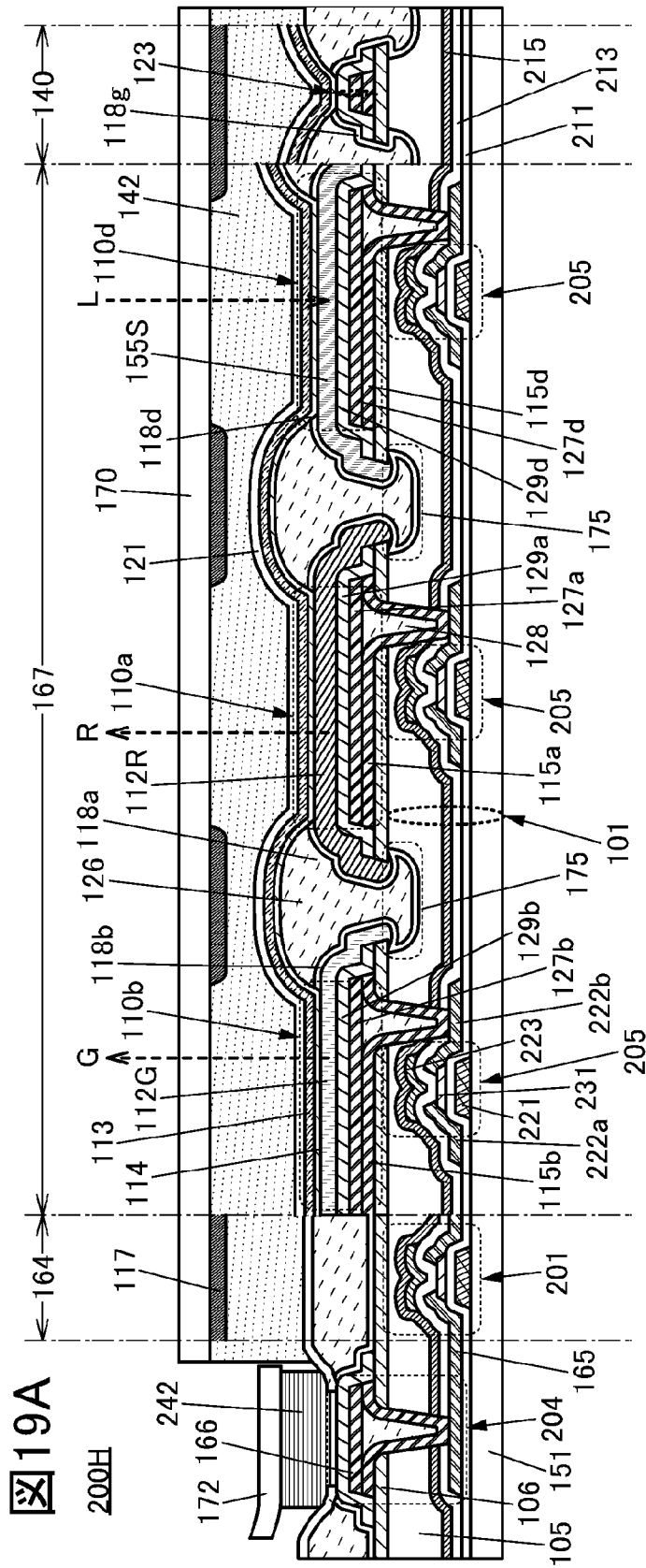
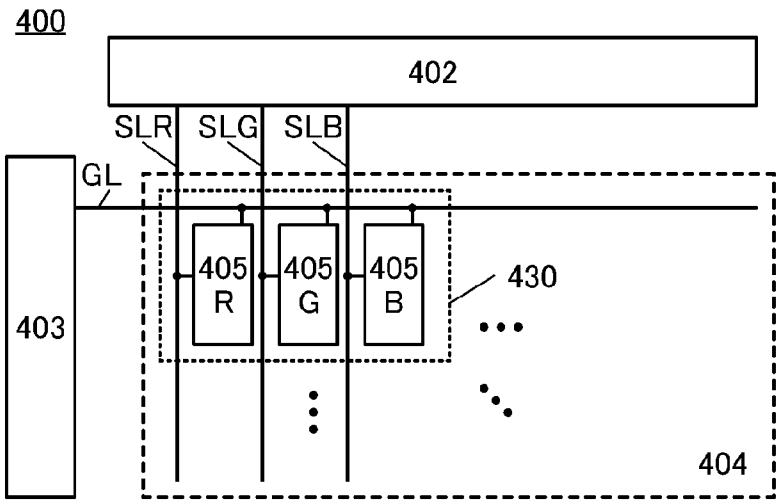


图 18

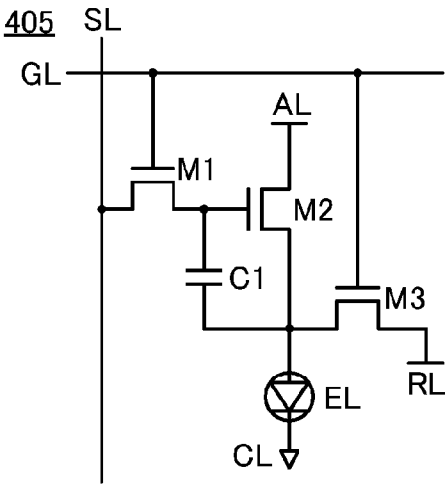




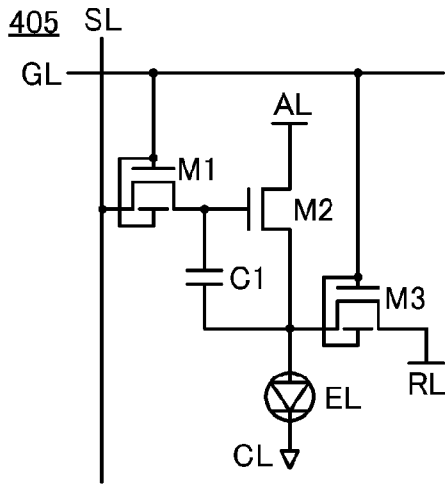
20A



20B



20C



20D

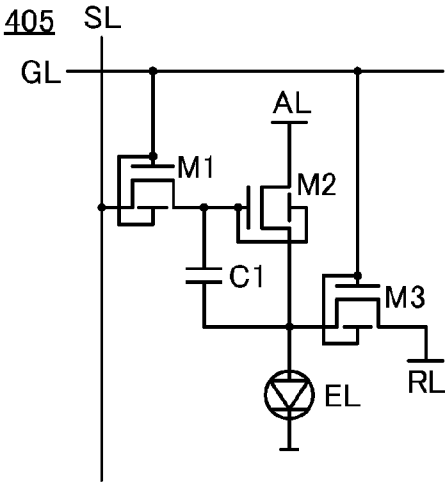


図21A

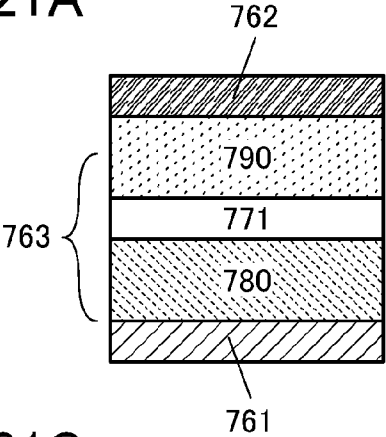


図21B

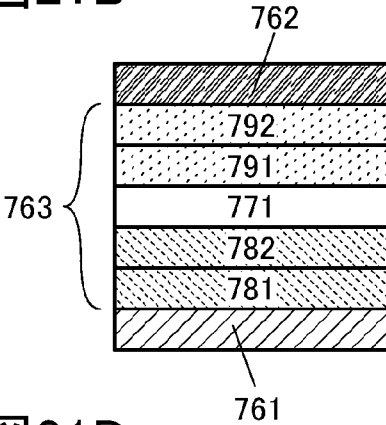


図21C

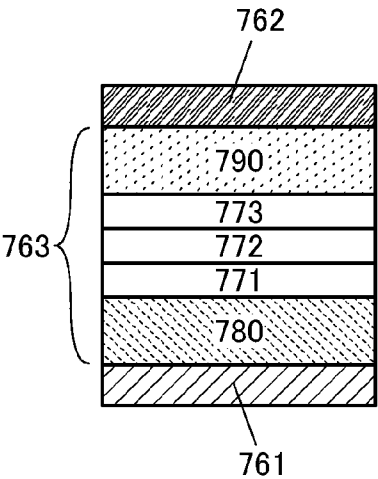


図21D

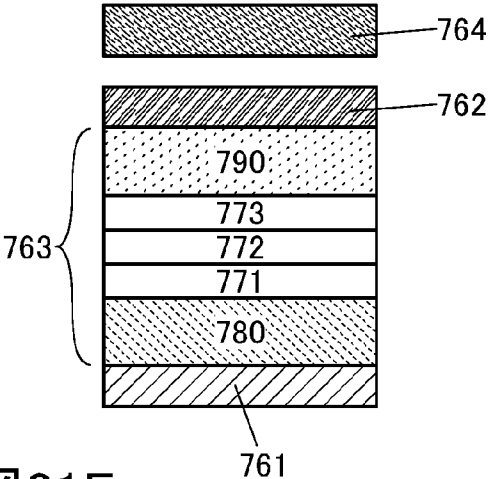


図21E

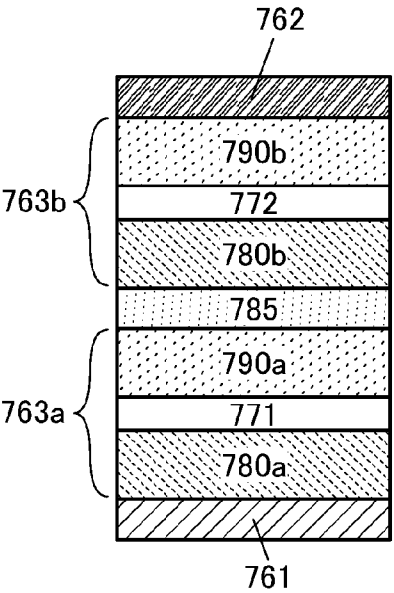


図21F

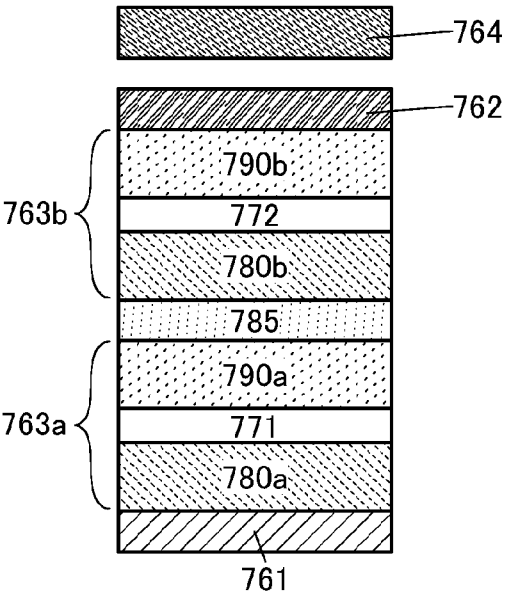


図22A

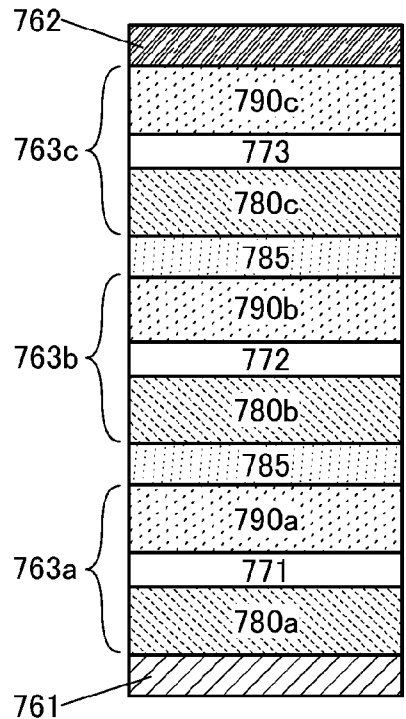


図22B

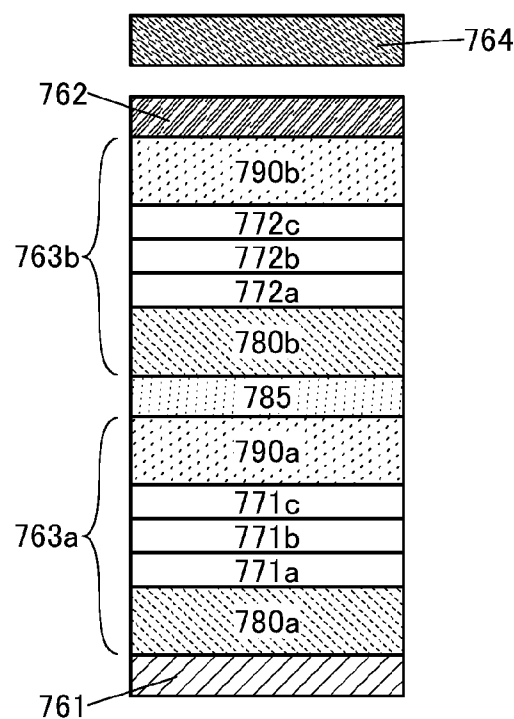


図22C

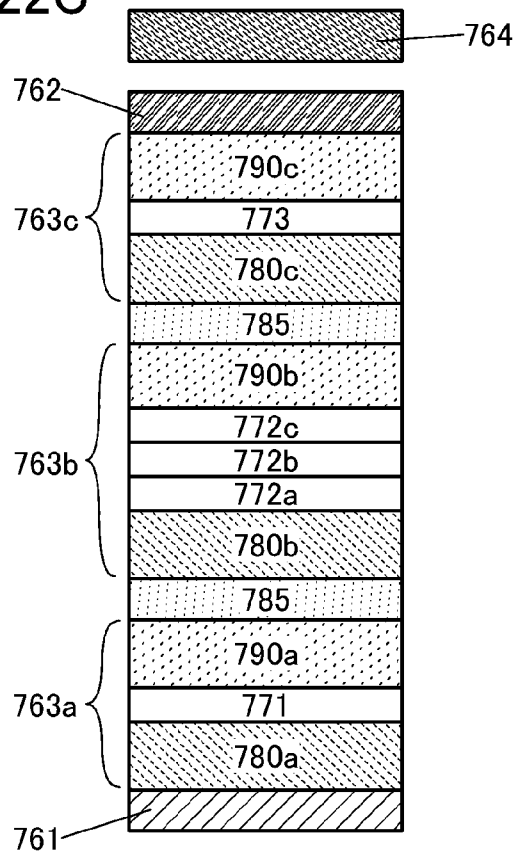


図23A

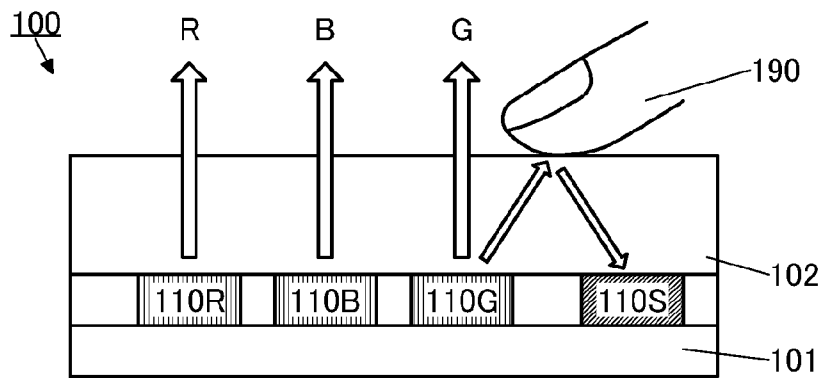


図23B

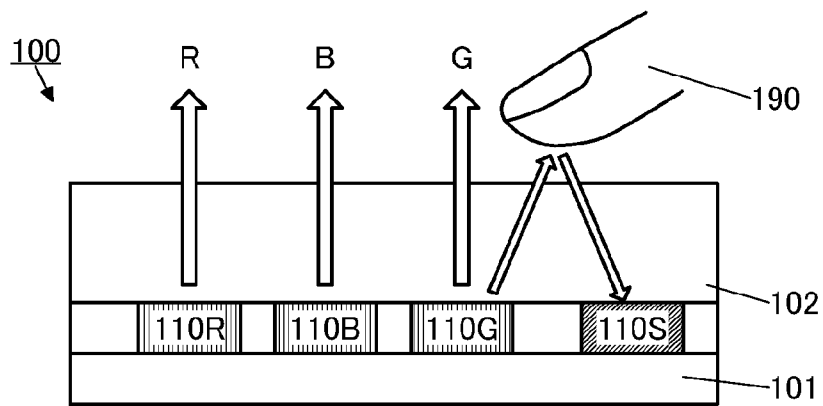


図23C

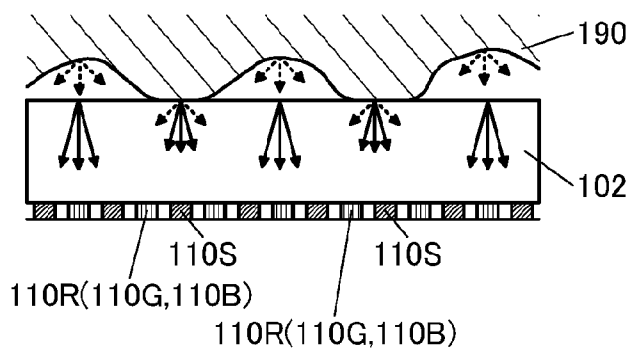


図23D

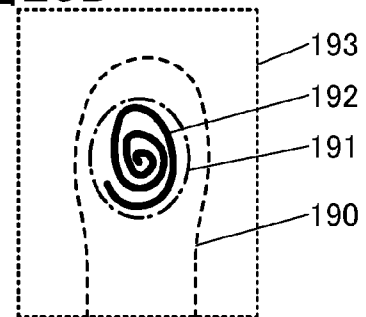


図24A

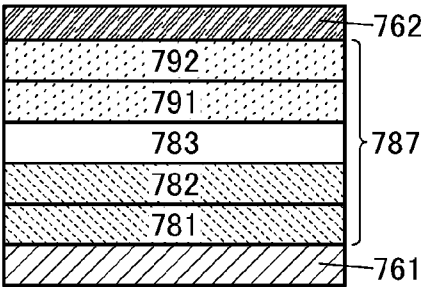


図24B

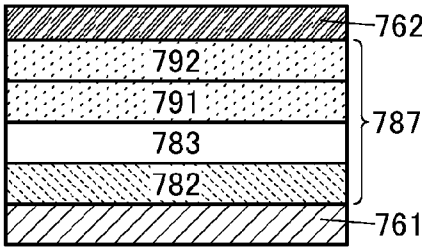


図24C

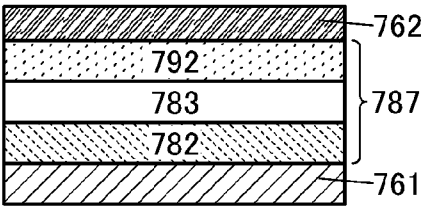


図24D

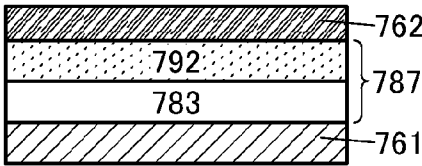


図24E

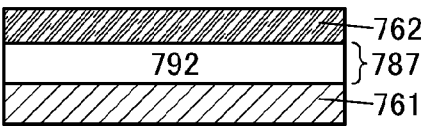


図25A

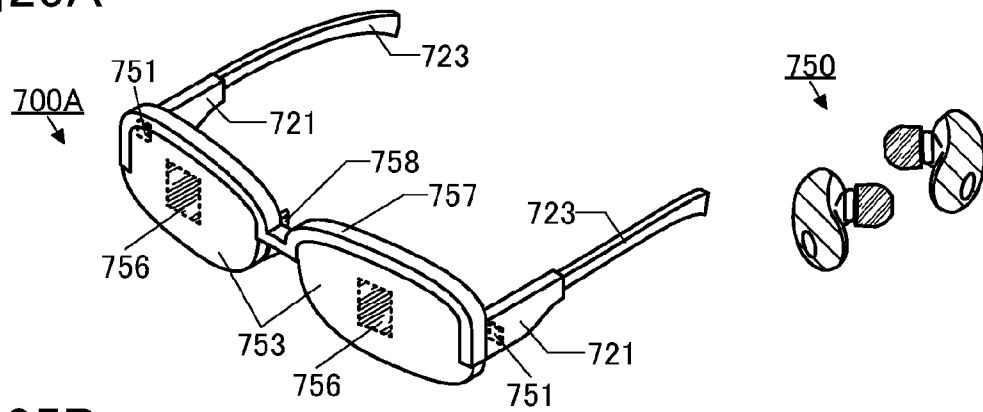


図25B

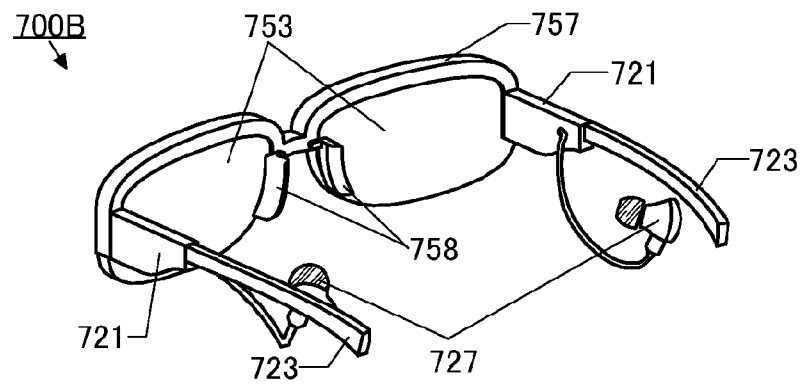


図25C

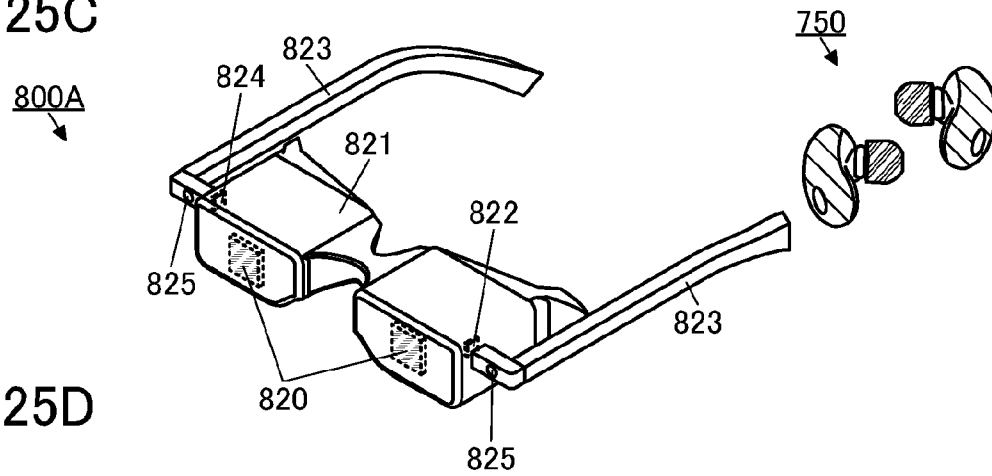


図25D

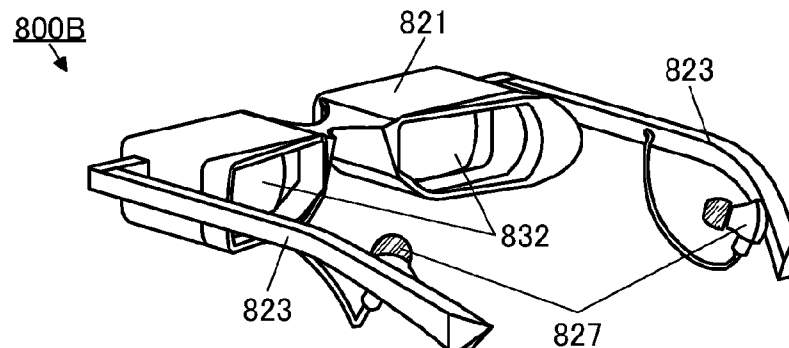


図26A

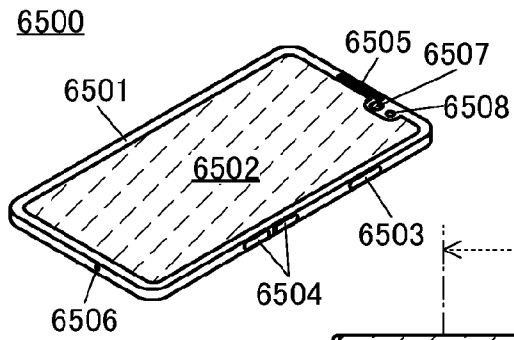


図26B

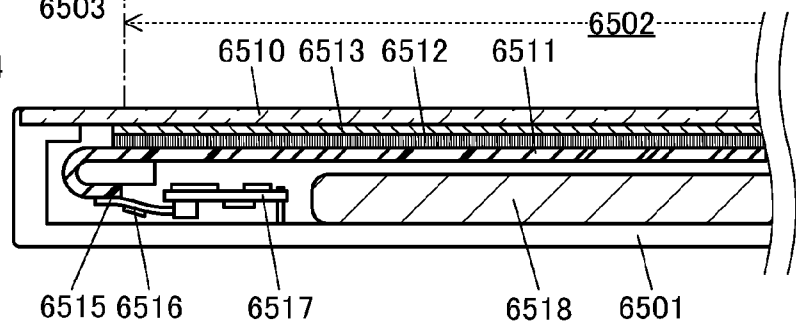


図26C

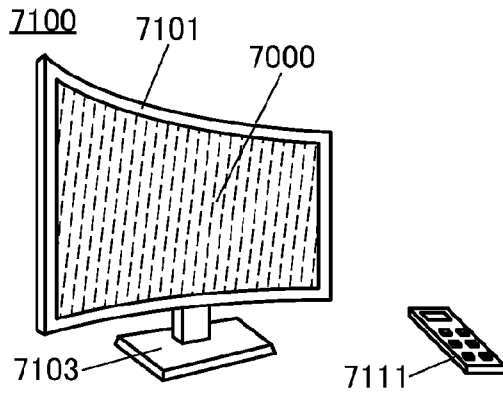


図26D

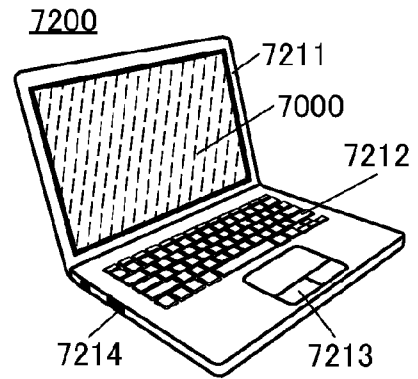


図26E

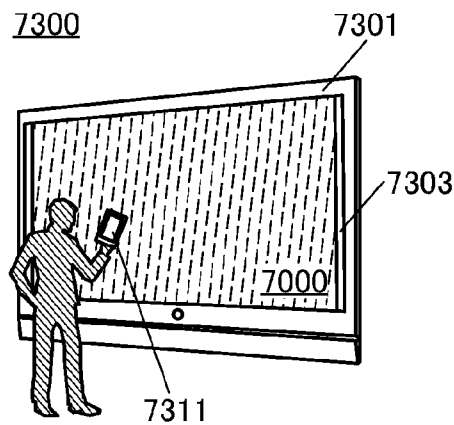


図26F

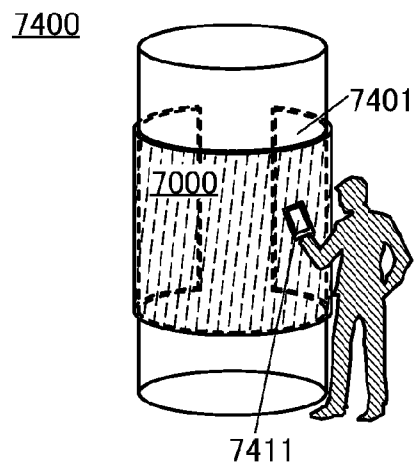


图27A

9101

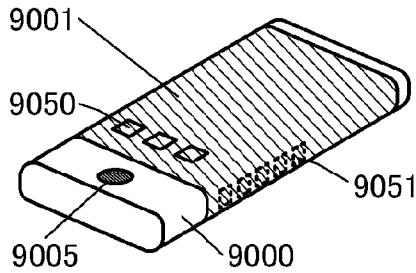


图27D

9200

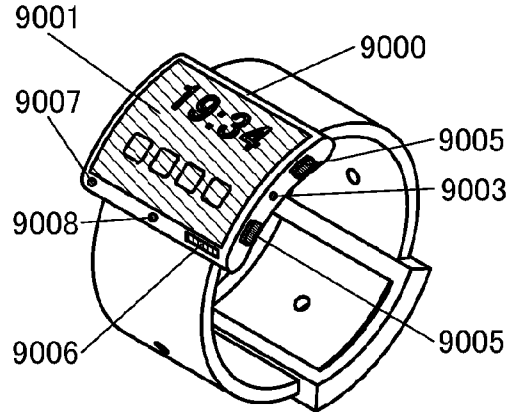


图27B

9102

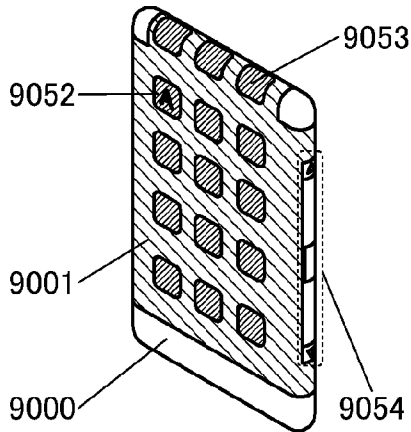


图27E

9201

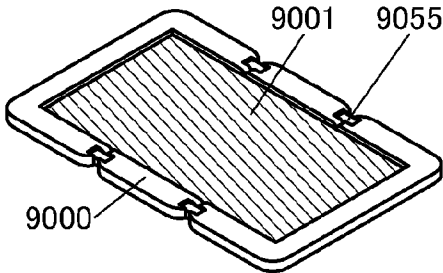


图27C

9103

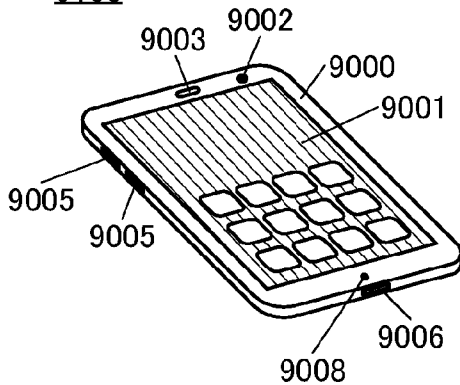


图27F

9201

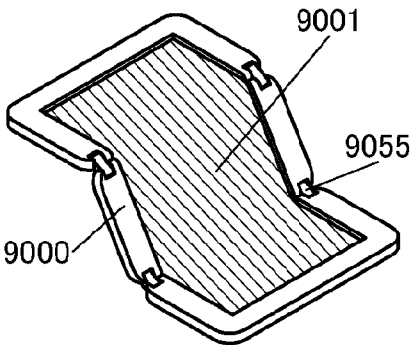


图27G

9201

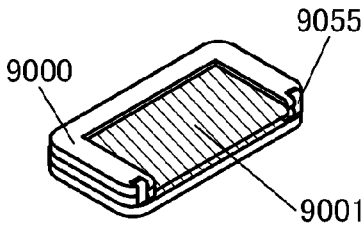


図28

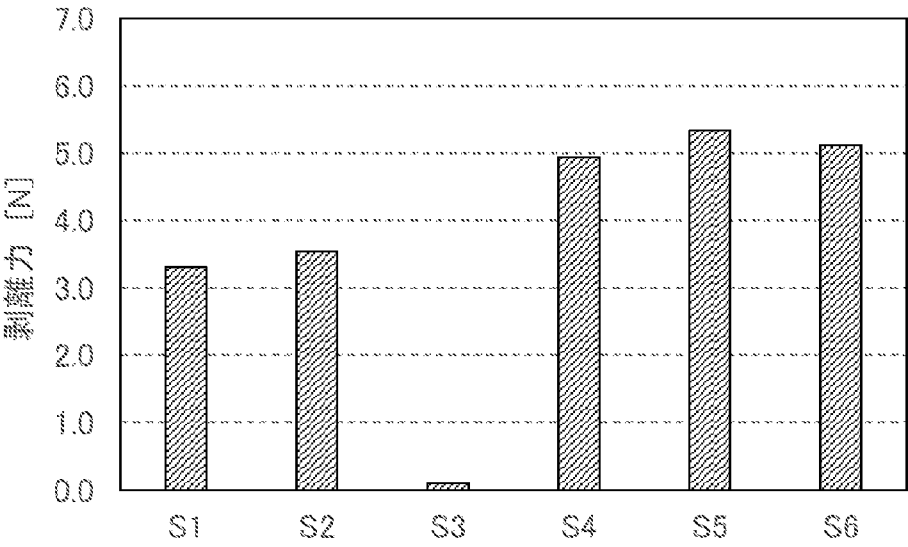


図29



図30

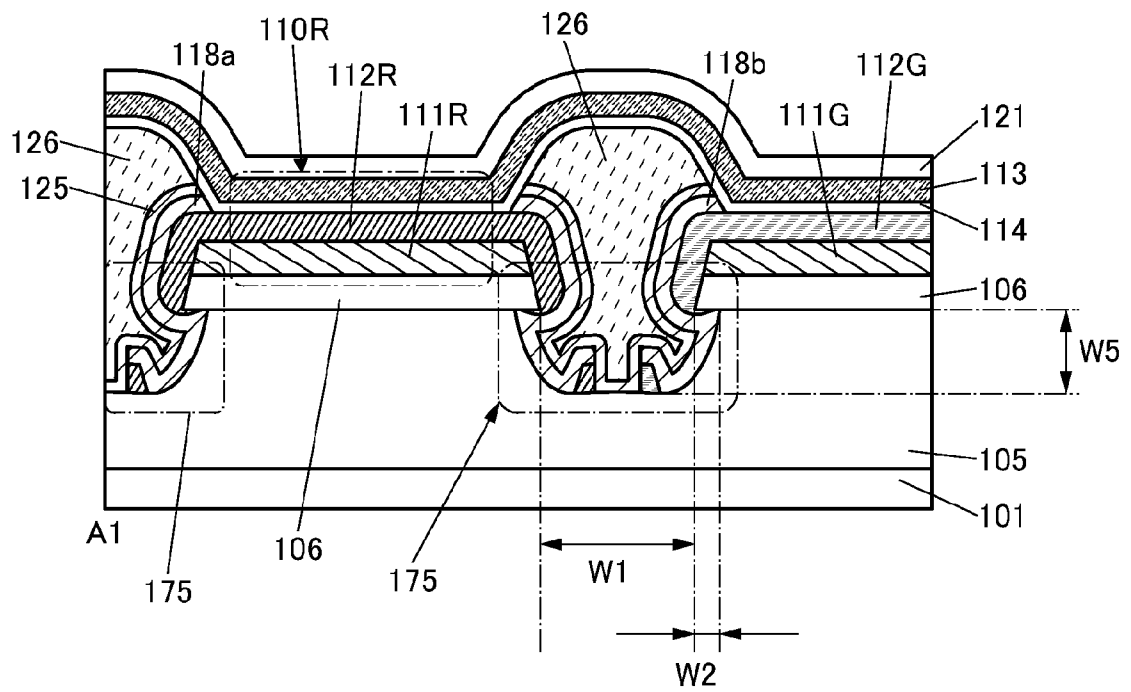


図31A

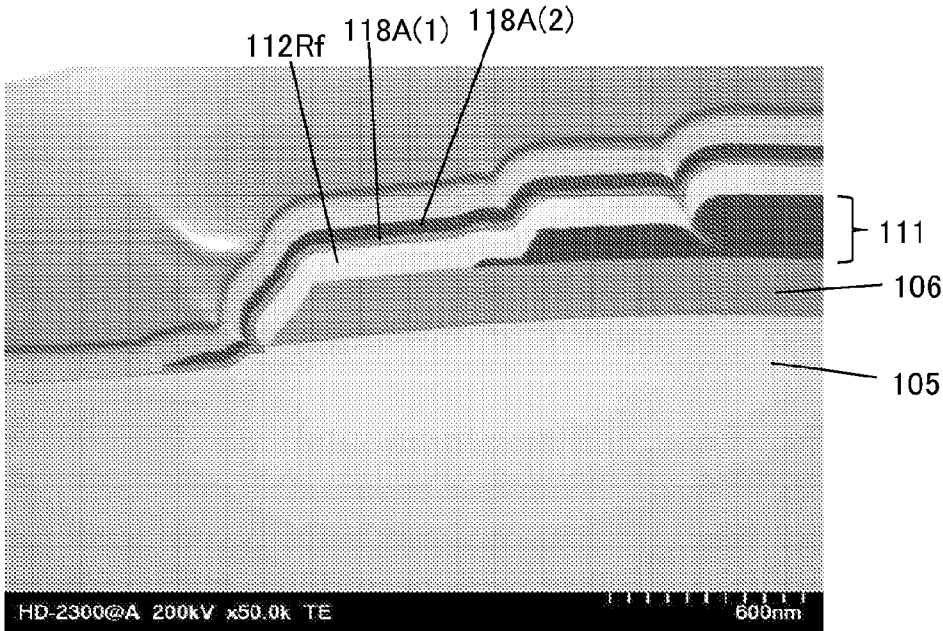


図31B

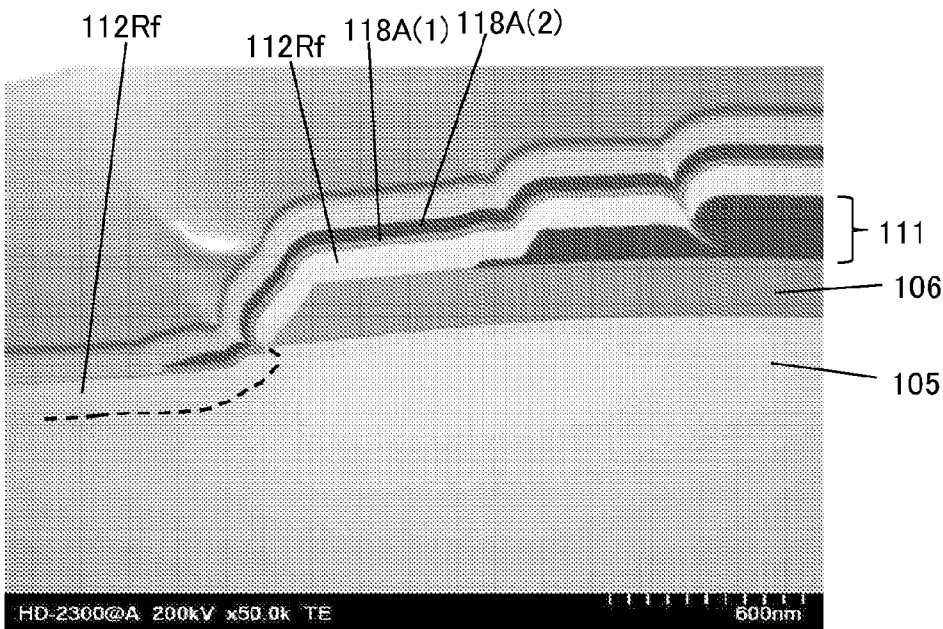


図32A

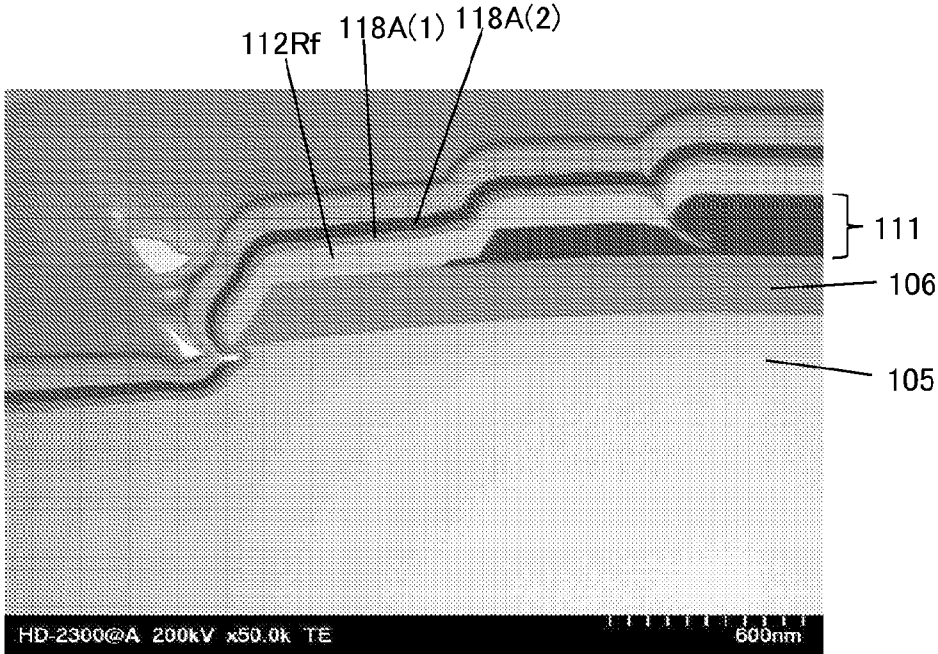


図32B

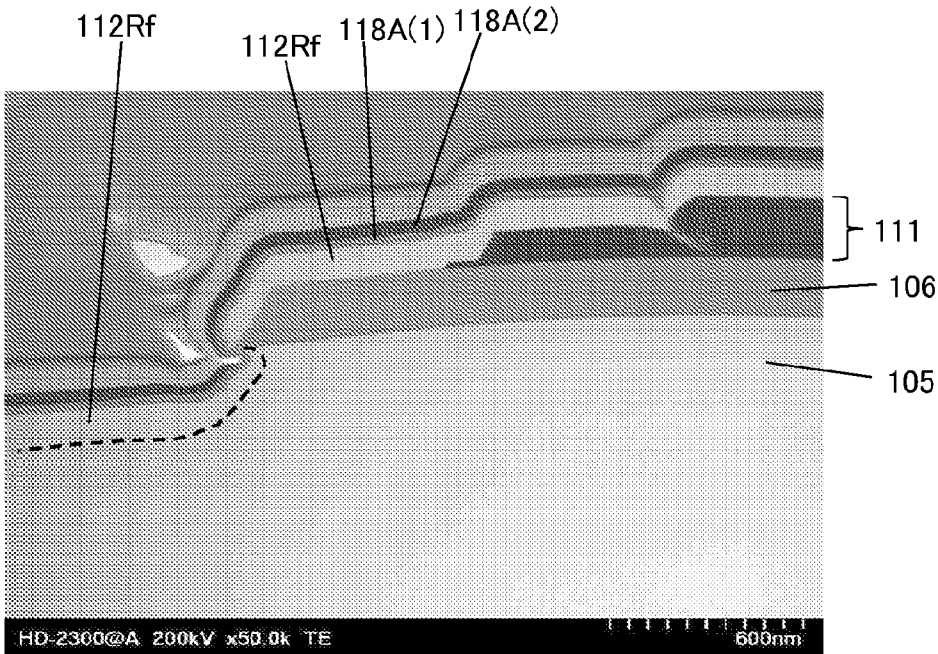


图 33A

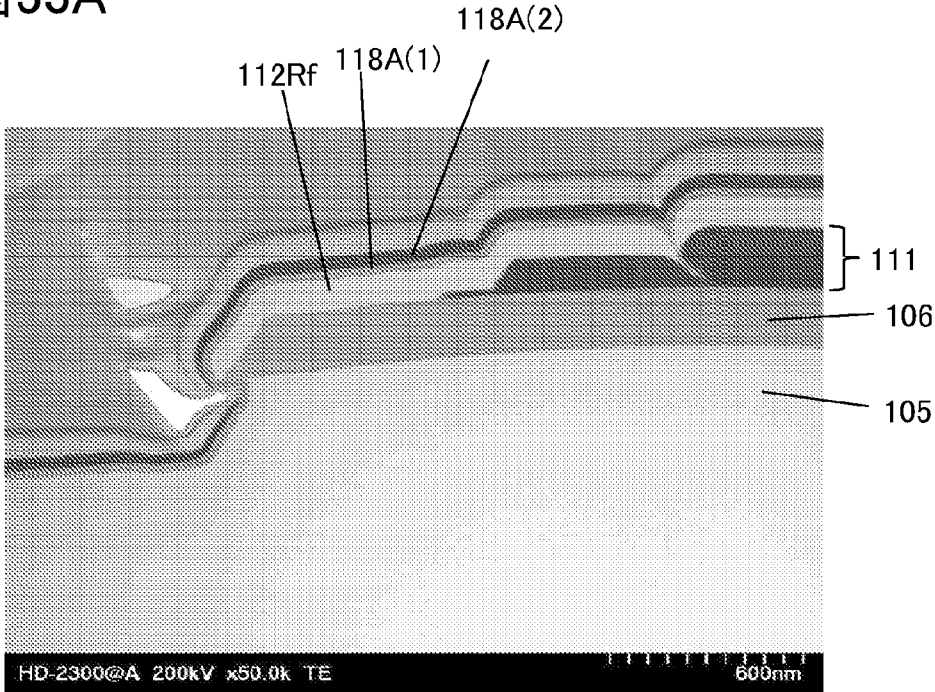


图 33B

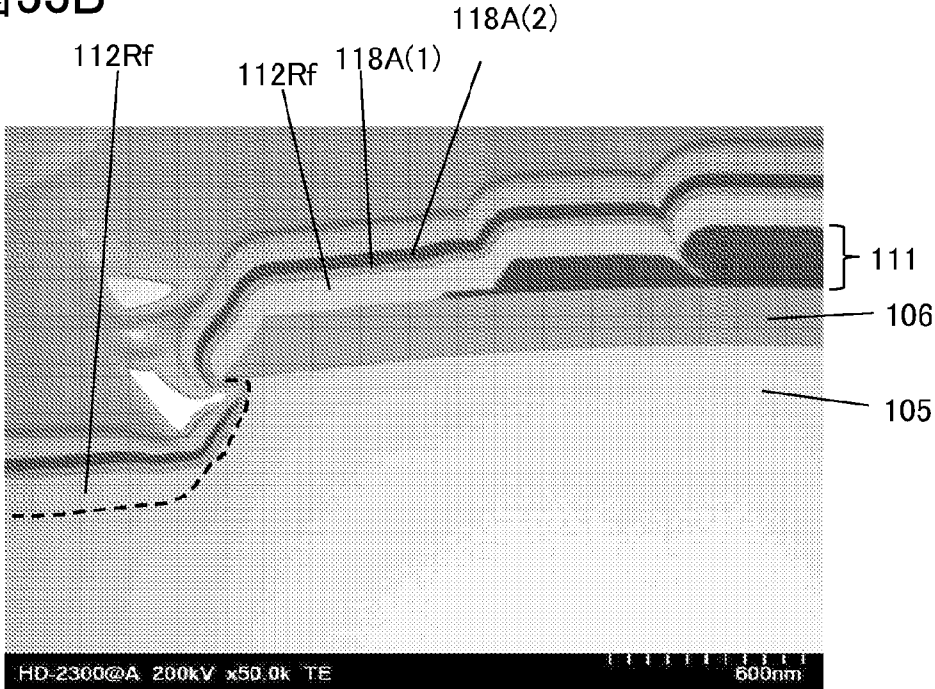


図34A

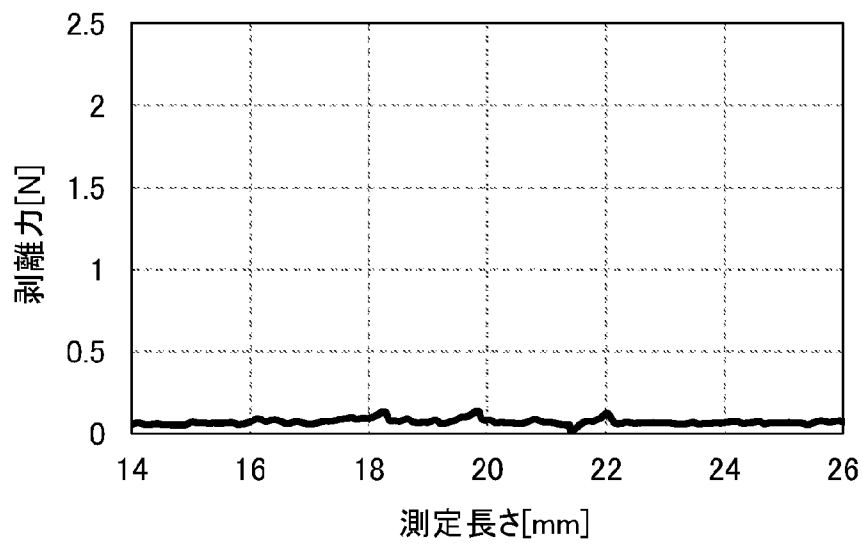


図34B

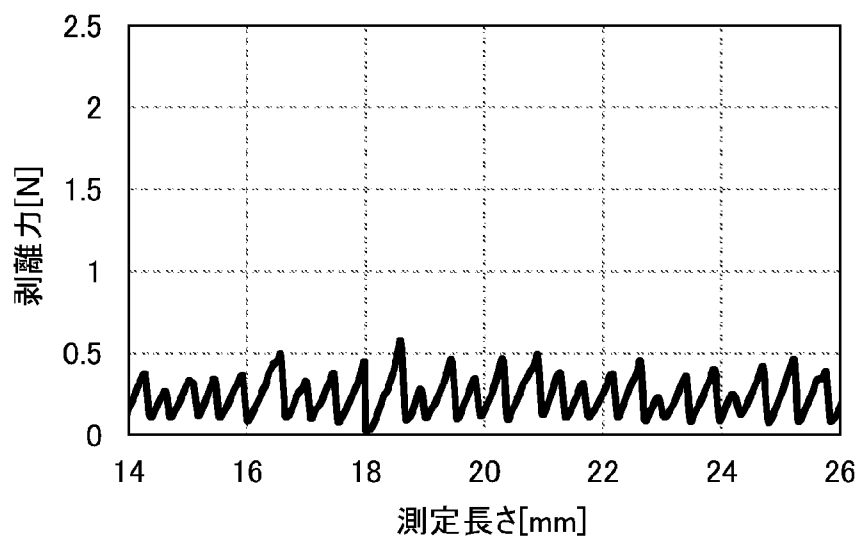
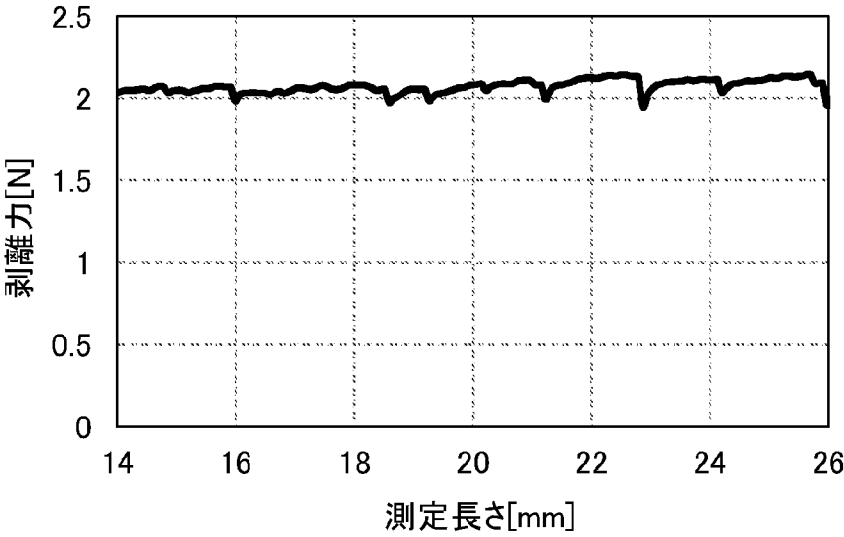


図35



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IB2022/061194

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G09F 9/30(2006.01)i; **G09F 9/00**(2006.01)i; **H01L 31/10**(2006.01)i; **H01L 31/12**(2006.01)i; **H05B 33/02**(2006.01)i; **H05B 33/10**(2006.01)i; **H05B 33/12**(2006.01)i; **H05B 33/14**(2006.01)i; **H05B 33/22**(2006.01)i; **H10K 30/60**(2023.01)i; **H10K 50/00**(2023.01)i; **H10K 59/00**(2023.01)i

FI: G09F9/30 338; G09F9/00 338; G09F9/00 342; G09F9/00 366A; G09F9/30 339; G09F9/30 348A; G09F9/30 349Z; G09F9/30 365; H01L31/10 A; H01L31/12 E; H05B33/02; H05B33/10; H05B33/12 B; H05B33/12 C; H05B33/14 A; H05B33/14 Z; H05B33/22 Z; H10K30/60; H10K59/00

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)

G09F9/00-9/46; H05B33/00-33/28; H05B44/00; H05B45/60; H10K50/00-99/00

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2019-67525 A (CANON KK) 25 April 2019 (2019-04-25) entire text	1-17
A	JP 2015-169937 A (SEIKO EPSON CORP) 28 September 2015 (2015-09-28) entire text	1-17
A	JP 2011-54946 A (SEMICONDUCTOR ENERGY LAB CO LTD) 17 March 2011 (2011-03-17) entire text	1-17
A	JP 2006-260954 A (CASIO COMPUTER CO LTD) 28 September 2006 (2006-09-28) entire text	1-17
A	JP 2004-362792 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 24 December 2004 (2004-12-24) entire text	1-17

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

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 January 2023

Date of mailing of the international search report

31 January 2023

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

International application No.

PCT/IB2022/061194**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2020/0328269 A1 (SAMSUNG DISPLAY CO., LTD.) 15 October 2020 (2020-10-15) entire text	1-17
A	US 2008/0197342 A1 (LEE, Seok-Woon) 21 August 2008 (2008-08-21) entire text	1-17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/IB2022/061194

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2019-67525	A	25 April 2019	US 2019/0096971 A1	
JP	2015-169937	A	28 September 2015	(Family: none)	
JP	2011-54946	A	17 March 2011	US 2011/0031497 A1	
				CN 101997005 A	
				KR 10-2011-0015374 A	
				TW 201117356 A	
JP	2006-260954	A	28 September 2006	(Family: none)	
JP	2004-362792	A	24 December 2004	(Family: none)	
US	2020/0328269	A1	15 October 2020	KR 10-2020-0119452 A	
				CN 111799308 A	
US	2008/0197342	A1	21 August 2008	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G09F 9/30(2006.01)i; G09F 9/00(2006.01)i; H01L 31/10(2006.01)i; H01L 31/12(2006.01)i; H05B 33/02(2006.01)i; H05B 33/10(2006.01)i; H05B 33/12(2006.01)i; H05B 33/14(2006.01)i; H05B 33/22(2006.01)i; H10K 30/60(2023.01)i; H10K 50/00(2023.01)i; H10K 59/00(2023.01)i FI: G09F9/30 338; G09F9/00 338; G09F9/00 342; G09F9/00 366A; G09F9/30 339; G09F9/30 348A; G09F9/30 349Z; G09F9/30 365; H01L31/10 A; H01L31/12 E; H05B33/02; H05B33/10; H05B33/12 B; H05B33/12 C; H05B33/14 A; H05B33/14 Z; H05B33/22 Z; H10K30/60; H10K59/00																							
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G09F9/00-9/46; H05B33/00-33/28; H05B44/00; H05B45/60; H10K50/00-99/00 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <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>1971-2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2023年</td> </tr> </table> 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2023年	日本国実用新案登録公報	1996-2023年	日本国登録実用新案公報	1994-2023年													
日本国実用新案公報	1922-1996年																						
日本国公開実用新案公報	1971-2023年																						
日本国実用新案登録公報	1996-2023年																						
日本国登録実用新案公報	1994-2023年																						
C. 関連すると認められる文献 <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>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</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>JP 2019-67525 A（キヤノン株式会社）25.04.2019（2019-04-25） 全文</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2015-169937 A（セイコーエプソン株式会社）28.09.2015（2015-09-28） 全文</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2011-54946 A（株式会社半導体エネルギー研究所）17.03.2011（2011-03-17） 全文</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2006-260954 A（カシオ計算機株式会社）28.09.2006（2006-09-28） 全文</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2004-362792 A（三菱電機株式会社）24.12.2004（2004-12-24） 全文</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2020/0328269 A1（SAMSUNG DISPLAY CO., LTD.）15.10.2020（2020-10-15） 全文</td> <td>1-17</td> </tr> </tbody> </table> ☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。 * 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献			引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	A	JP 2019-67525 A（キヤノン株式会社）25.04.2019（2019-04-25） 全文	1-17	A	JP 2015-169937 A（セイコーエプソン株式会社）28.09.2015（2015-09-28） 全文	1-17	A	JP 2011-54946 A（株式会社半導体エネルギー研究所）17.03.2011（2011-03-17） 全文	1-17	A	JP 2006-260954 A（カシオ計算機株式会社）28.09.2006（2006-09-28） 全文	1-17	A	JP 2004-362792 A（三菱電機株式会社）24.12.2004（2004-12-24） 全文	1-17	A	US 2020/0328269 A1（SAMSUNG DISPLAY CO., LTD.）15.10.2020（2020-10-15） 全文	1-17
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号																					
A	JP 2019-67525 A（キヤノン株式会社）25.04.2019（2019-04-25） 全文	1-17																					
A	JP 2015-169937 A（セイコーエプソン株式会社）28.09.2015（2015-09-28） 全文	1-17																					
A	JP 2011-54946 A（株式会社半導体エネルギー研究所）17.03.2011（2011-03-17） 全文	1-17																					
A	JP 2006-260954 A（カシオ計算機株式会社）28.09.2006（2006-09-28） 全文	1-17																					
A	JP 2004-362792 A（三菱電機株式会社）24.12.2004（2004-12-24） 全文	1-17																					
A	US 2020/0328269 A1（SAMSUNG DISPLAY CO., LTD.）15.10.2020（2020-10-15） 全文	1-17																					
国際調査を完了した日 17.01.2023		国際調査報告の発送日 31.01.2023																					
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） 中村 直行 21 9214 電話番号 03-3581-1101 内線 3272																					

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	US 2008/0197342 A1 (LEE, Seok-Woon) 21.08.2008 (2008 - 08 - 21) 全文	1-17

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/IB2022/061194

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2019-67525	A	25.04.2019	US	2019/0096971	A1	
JP	2015-169937	A	28.09.2015	(ファミリーなし)			
JP	2011-54946	A	17.03.2011	US	2011/0031497	A1	
				CN	101997005	A	
				KR	10-2011-0015374	A	
				TW	201117356	A	
JP	2006-260954	A	28.09.2006	(ファミリーなし)			
JP	2004-362792	A	24.12.2004	(ファミリーなし)			
US	2020/0328269	A1	15.10.2020	KR	10-2020-0119452	A	
				CN	111799308	A	
US	2008/0197342	A1	21.08.2008	(ファミリーなし)			