

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2022年6月30日(30.06.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/137013 A1

(51) 国際特許分類:

H05B 33/10 (2006.01) *H05B 33/12* (2006.01)
G02B 5/20 (2006.01) *H05B 33/14* (2006.01)
G09F 9/30 (2006.01) *H05B 33/22* (2006.01)
H01L 51/50 (2006.01) *H05B 33/26* (2006.01)
H05B 33/04 (2006.01) *H05B 33/28* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/IB2021/061671

(22) 国際出願日: 2021年12月14日(14.12.2021)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2020-216157 2020年12月25日(25.12.2020) JP

(71) 出願人: 株式会社半導体エネルギー研究所
(SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY

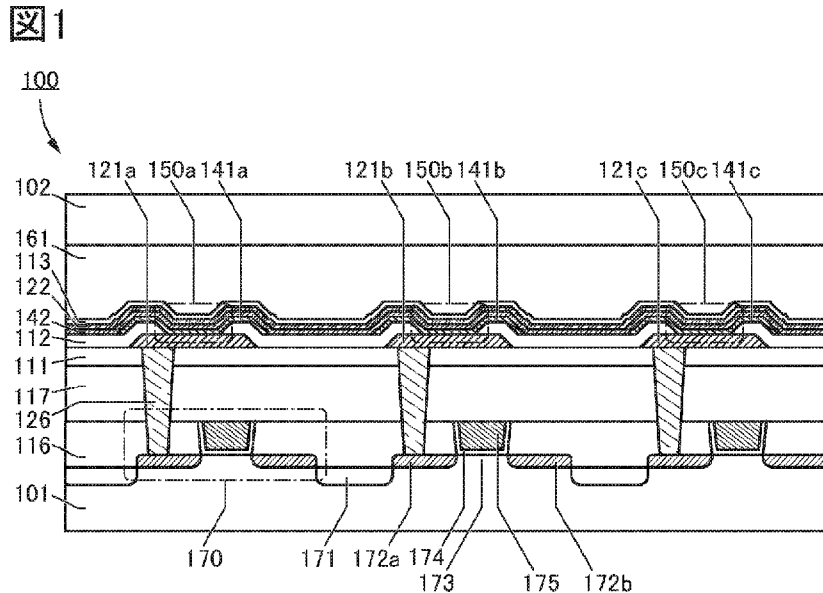
CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2430036 神奈川県厚木市長谷398 Kanagawa (JP).

(72) 発明者: 中村太紀 (NAKAMURA, Daiki); 〒2430036 神奈川県厚木市長谷398株式会社半導体エネルギー研究所内 Kanagawa (JP). 佐藤来 (SATO, Rai); 〒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). 小久保竜 (KOKUBO, Ryu). 安達広樹 (ADACHI, Hiroki); 〒2430036 神奈川県厚木市長谷398株式会社半導体エネルギー研究所内 Kanagawa (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,

(54) Title: DISPLAY DEVICE, ELECTRONIC APPARATUS, AND METHOD FOR PRODUCING DISPLAY DEVICE

(54) 発明の名称: 表示装置、電子機器、及び表示装置の作製方法



(57) Abstract: A method for producing a display device having high display quality is provided. The method is a method for producing a display device having first to third insulators, first and second conductors, and first and second EL layers. The first conductor is formed over the first insulator, and the second insulator is formed over the first insulator and the first conductor. A first opening that reaches the first conductor is formed in the second insulator. A sacrificial layer is formed over the second insulator and the bottom of the first opening, and a resist is applied onto the sacrificial layer. The resist is exposed to light and developed to form a second opening that reaches the sacrificial layer in an area overlapping the first conductor. In an area of the bottom of the second opening, a third opening is formed, and a first EL layer is formed over



EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

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

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))
- 白黒。出願原本にはカラー又はグレースケールの情報が含まれており、PATENTSCOPE からのダウンロードが可能。

the resist, the sacrificial layer, and the first conductor. Thereafter, the first EL layer over the resist and the sacrificial layer is removed by removing the resist and the sacrificial layer. A second EL layer is formed over the first EL layer and the second insulator, and the second conductor and the third insulator are sequentially formed over the second EL layer.

(57) 要約: 表示品位が高い表示装置の作製方法を提供する。第1乃至第3絶縁体、第1、第2導電体、及び第1、第2EL層を有する表示装置の作製方法である。第1絶縁体上に第1導電体を形成し、第1絶縁体上と第1導電体上に第2絶縁体を形成する。また、第2絶縁体に、第1導電体に達する第1開口部を形成する。第2絶縁体上と第1開口部の底面上に犠牲層を形成し、犠牲層上にレジストを塗布する。また、レジストに対して露光・現像を行って、第1導電体に重畳する領域に、犠牲層に達する第2開口部を形成する。第2開口部の底面の領域において、第3開口部を形成し、レジスト上、犠牲層上、及び第1導電体上に第1EL層を形成する。その後、レジストと犠牲層を除去することで、レジスト上と犠牲層上の第1EL層を除去する。第1EL層上と第2絶縁体上に第2EL層を形成し、第2EL層上に、第2導電体と第3絶縁体を順に形成する。

明細書

発明の名称

表示装置、電子機器、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、電子機器、及び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発明の技術分野は、物、駆動方法、又は、製造方法に関するものである。又は、本発明の一態様は、プロセス、マシン、マニュファクチャ、又は、組成物（コンポジション・オブ・マター）に関するものである。そのため、より具体的に本明細書で開示する本発明の一態様の技術分野としては、半導体装置、表示装置、液晶表示装置、発光装置、蓄電装置、撮像装置、記憶装置、信号処理装置、プロセッサ、電子機器、システム、それらの駆動方法、それらの製造方法、又はそれらの検査方法を一例として挙げることができる。

背景技術

[0003]

VR（仮想現実）、AR（拡張現実）などのXR向けに適用可能な表示装置が求められている。具体的には、例えば、現実感、及び没入感を高めるために、当該表示装置としては、精細度の高いこと、色再現性の高いことなどが望まれている。

[0004]

当該表示装置に適用可能なものとしては、例えば、液晶表示装置、有機EL（Electro Luminescence）、発光ダイオード（LED）等の発光デバイスを備える表示装置などが挙げられる。また、特許文献1には、有機ELが含まれる発光デバイスを備えた、高画素数、高精細の表示装置が開示されている。

[先行技術文献]

[特許文献]

[0005]

[特許文献1] 国際公開第2019/220278号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006]

上記のとおり、XR向けの機器としては、表示品位が高い表示装置が求められている。また、XR向けの表示装置としては、例えば、眼鏡型の筐体、ゴーグル型の筐体に備える必要があるため、表示装置のサイズを概ね2インチ以下、1インチ以下などに小さくする必要がある。

[0007]

一方で、XR向けの機器に備える表示装置としては、現実感、及び没入感を高めるためには、解像度を大きくする必要がある。この場合、例えば、定められたサイズにおいて、画素間、配線間などのピッチ幅を小さくする、画素のサイズを小さくする、などの設計を行うことで、当該サイズの中に設ける画素の数を増やすことができる。但し、表示装置として、有機ELを用いた発光デバイスを含む表示装置を考えた場合、画素のサイズが小さくなると、画素毎に異なる色の有機ELの発

光層の形成が困難となり、当該表示装置の作製工程が限定される場合がある。

[0008]

本発明の一態様は、解像度が高い表示装置の作製方法を提供することを課題の一とする。又は、本発明の一態様は、消費電力が低い表示装置の作製方法を提供することを課題の一とする。又は、本発明の一態様は、サイズの小さい表示装置の作製方法を提供することを課題の一とする。又は、本発明の一態様は、新規の表示装置の作製方法を提供することを課題の一とする。又は、本発明の一態様は、高解像度、低消費電力、小面積の少なくとも一を満たす表示装置を提供することを課題の一とする。又は、本発明の一態様は、前述した表示装置を有する電子機器を提供することを課題の一とする。

[0009]

なお本発明の一態様の課題は、上記列挙した課題に限定されない。上記列挙した課題は、他の課題の存在を妨げるものではない。なお他の課題は、以下の記載で述べる、本項目で言及していない課題である。本項目で言及していない課題は、当業者であれば明細書又は図面等の記載から導き出せるものであり、これらの記載から適宜抽出することができる。なお、本発明の一態様は、上記列挙した課題、及び他の課題のうち、少なくとも一つの課題を解決するものである。なお、本発明の一態様は、上記列挙した課題、及び他の課題の全てを解決する必要はない。

課題を解決するための手段

[0010]

(1)

本発明の一態様は、第1絶縁体と、第2絶縁体と、第3絶縁体と、第1導電体と、第2導電体と、第1EL層と、第2EL層と、を有する表示装置の作製方法である。表示装置の作製方法は、第1ステップ乃至第12ステップを有する。第1ステップは、第1絶縁体上に第1導電体が形成されるステップを有する。第2ステップは、第1絶縁体上と、第1導電体上と、に第2絶縁体が形成されるステップを有する。第3ステップは、第2絶縁体の、第2絶縁体が第1導電体と重畳する領域において、第1導電体に達する第1開口部が形成されるステップを有する。第4ステップは、第2絶縁体上と、第1開口部の底面に位置する第1導電体上と、に犠牲層が形成されるステップを有する。第5ステップは、犠牲層上にフォトレジストが塗布されるステップを有する。第6ステップは、フォトレジストに対して、露光、及び現像が行われ、フォトレジストの第1導電体に重畳する領域に、犠牲層に達する、逆テーパー構造の第2開口部が形成されるステップを有する。第7ステップは、第2開口部の底面に位置する犠牲層の、第1開口部に重畳する領域と、第2絶縁体に重畳する領域と、において、第1開口部の底面に位置する第1導電体と、第2絶縁体と、に達する第3開口部が形成されるステップを有する。第8ステップは、フォトレジスト上と、犠牲層上と、第1導電体上と、に第1EL層が形成されるステップを有する。第9ステップは、フォトレジストと、犠牲層と、フォトレジスト及び犠牲層のそれぞれの上面に形成された第1EL層が除去される、ステップを有する。第10ステップは、第1EL層上と、第2絶縁体上と、に第2EL層が形成されるステップを有する。第11ステップは、第2EL層上に、第2導電体が形成されるステップを有する。第12ステップは、第2導電体上に、第3絶縁体が形成されるステップを有する。

[0011]

(2)

又は、本発明の一態様は、第1絶縁体と、第2絶縁体と、第3絶縁体と、第1導電体と、第2導

電体と、第1 EL層と、第2 EL層と、を有し、且つ上記（1）とは異なる表示装置の作製方法である。表示装置の作製方法は、第1ステップ乃至第12ステップを有する。第1ステップは、第1絶縁体上に第1導電体が形成されるステップを有する。第2ステップは、第1絶縁体上と、第1導電体上と、に第2絶縁体が形成されるステップを有する。第3ステップは、第2絶縁体の、第2絶縁体が第1導電体と重畳する領域において、第1導電体に達する第1開口部が形成されるステップと、第2絶縁体の、第2絶縁体が第1導電体と重畳せず、且つ第1絶縁体と重畳する領域において、第4開口部が形成されるステップと、を有する。第4ステップは、第2絶縁体上と、第1開口部の底面に位置する第1導電体上と、に犠牲層が形成されるステップを有する。第5ステップは、犠牲層上にフォトレジストが塗布されるステップを有する。第6ステップは、フォトレジストに対して、露光、及び現像が行われ、フォトレジストの第1導電体及び第4開口部に重畳する領域に、逆テーパー構造の第2開口部が形成されるステップを有する。第7ステップは、第2開口部の底面に位置する犠牲層の、第1導電体に重畳する領域と、第2絶縁体に重畳する領域と、において、第1開口部の底面に位置する第1導電体と、第2絶縁体と、に達し、かつ側面が第4開口部の底面、及び／又は側面に重畳する第3開口部が形成されるステップを有する。第8ステップは、フォトレジスト上と、犠牲層上と、第1導電体上と、に第1 EL層が形成されるステップを有する。第9ステップは、フォトレジストと、犠牲層と、フォトレジスト及び犠牲層のそれぞれの上面に形成された第1 EL層が除去される、ステップを有する。第10ステップは、第1 EL層上と、第2絶縁体上と、第4開口部上と、に第2 EL層が形成されるステップを有する。第11ステップは、第2 EL層上に、第2導電体が形成されるステップを有する。第12ステップは、第2導電体上に、第3絶縁体が形成されるステップを有する。

[0012]

(3)

又は、本発明の一態様は、上記（1）、又は（2）において、第1 EL層が正孔輸送層又は電子輸送層の一方と、発光層と、を有し、第2 EL層が正孔輸送層又は電子輸送層の他方を有する、作製方法としてもよい。

[0013]

(4)

又は、本発明の一態様は、上記（1）乃至（3）のいずれか一において、第13ステップと、第14ステップと、を有する、表示装置の作製方法としてもよい。特に、第13ステップは、第3絶縁体上に、樹脂層が形成されるステップを有することが好ましく、第14ステップは、樹脂層上に、基板が貼り合わされるステップを有することが好ましい。

[0014]

(5)

又は、本発明の一態様は、上記（4）において、基板が着色層を有する、作製方法としてもよい。特に、第14ステップでは、第1 EL層に着色層が重畳する位置で、樹脂層上に、基板が貼り合わされることが好ましい。

[0015]

(6)

又は、本発明の一態様は、第1絶縁体と、第2絶縁体と、第3絶縁体と、第1導電体と、第2導電体と、第1 EL層と、第2 EL層と、を有する表示装置である。第1導電体は、第1絶縁体上に

位置し、第2絶縁体は、第1絶縁体上と、第1導電体上と、に位置している。また、第2絶縁体は、第2絶縁体が第1導電体と重畳する領域に位置する第1導電体に達する第1開口部と、第2絶縁体が第1導電体と重畳せず、且つ第1絶縁体と重畳する領域に位置する第4開口部と、を有する。また、第1EL層は、第2絶縁体上と、第1開口部の底面に位置する第1導電体上と、に位置し、第2EL層は、第1EL層上と、第2絶縁体上と、第4開口部の底面に位置する第1絶縁体の上方と、に位置している。また、第2導電体は、第2EL層上に位置し、第3絶縁体は、第2導電体上に位置している。

[0016]

(7)

又は、本発明の一態様は、上記(6)において、第1EL層は、正孔輸送層又は電子輸送層の一方と、発光層と、を有し、第2EL層は、正孔輸送層又は電子輸送層の他方を有する、構成としてもよい。

[0017]

(8)

又は、本発明の一態様は、上記(6)、又は(7)において、樹脂層と、基板と、を有する構成としてもよい。特に、樹脂層は、第3絶縁体上に位置し、基板は、樹脂層上に位置することが好ましい。

[0018]

(9)

又は、本発明の一態様は、上記(8)において、基板は、第1EL層に重畳する位置に着色層を有する構成としてもよい。

[0019]

(10)

又は、本発明の一態様は、上記(6)乃至(9)のいずれか一の表示装置と、筐体と、を有する、電子機器である。

[0020]

なお、本明細書等において、半導体装置とは、半導体特性を利用した装置であり、半導体素子(トランジスタ、ダイオード、フォトダイオード等)を含む回路、同回路を有する装置等をいう。また、半導体特性を利用することで機能しうる装置全般をいう。例えば、集積回路、集積回路を備えたチップ、及びパッケージにチップを収納した電子部品、のそれぞれは半導体装置の一例である。また、記憶装置、表示装置、発光装置、照明装置及び電子機器等は、それ自体が半導体装置である場合があり、半導体装置を有している場合がある。

[0021]

また、本明細書等において、XとYとが接続されていると記載されている場合は、XとYとが電氣的に接続されている場合と、XとYとが機能的に接続されている場合と、XとYとが直接接続されている場合とが、本明細書等の開示されているものとする。したがって、所定の接続関係、例えば、図又は文章に示された接続関係に限定されず、図又は文章に示された接続関係以外のものも、図又は文章の開示されているものとする。X、Yは、対象物(例えば、装置、素子、回路、配線、電極、端子、導電膜、層など)であるとする。

[0022]

XとYとが電氣的に接続されている場合の一例としては、XとYとの電氣的な接続を可能とする素子（例えば、スイッチ、トランジスタ、容量素子、インダクタ、抵抗素子、ダイオード、表示デバイス、発光デバイス、負荷など）が、XとYとの間に1個以上接続されることが可能である。なお、スイッチは、オンオフが制御される機能を有している。つまり、スイッチは、導通状態（オン状態）、又は、非導通状態（オフ状態）になり、電流を流すか流さないかを制御する機能を有している。

[0023]

XとYとが機能的に接続されている場合の一例としては、XとYとの機能的な接続を可能とする回路（例えば、論理回路（インバータ、NAND回路、NOR回路など）、信号変換回路（デジタルアナログ変換回路、アナログデジタル変換回路、ガンマ補正回路など）、電位レベル変換回路（電源回路（昇圧回路、降圧回路など）、信号の電位レベルを変えるレベルシフト回路など）、電圧源、電流源、切り替え回路、増幅回路（信号振幅又は電流量などを大きくできる回路、オペアンプ、差動増幅回路、ソースフォロワ回路、バッファ回路など）、信号生成回路、記憶回路、制御回路など）が、XとYとの間に1個以上接続されることが可能である。なお、一例として、XとYとの間に別の回路を挟んでいても、Xから出力された信号がYへ伝達される場合は、XとYとは機能的に接続されているものとする。

[0024]

なお、XとYとが電氣的に接続されている、と明示的に記載する場合は、XとYとが電氣的に接続されている場合（つまり、XとYとの間に別の素子又は別の回路を挟んで接続されている場合）と、XとYとが直接接続されている場合（つまり、XとYとの間に別の素子又は別の回路を挟まずに接続されている場合）とを含むものとする。

[0025]

また、例えば、「XとYとトランジスタのソース（又は第1の端子など）とドレイン（又は第2の端子など）とは、互いに電氣的に接続されており、X、トランジスタのソース（又は第1の端子など）、トランジスタのドレイン（又は第2の端子など）、Yの順序で電氣的に接続されている。」と表現することができる。又は、「トランジスタのソース（又は第1の端子など）は、Xと電氣的に接続され、トランジスタのドレイン（又は第2の端子など）はYと電氣的に接続され、X、トランジスタのソース（又は第1の端子など）、トランジスタのドレイン（又は第2の端子など）、Yは、この順序で電氣的に接続されている」と表現することができる。又は、「Xは、トランジスタのソース（又は第1の端子など）とドレイン（又は第2の端子など）とを介して、Yと電氣的に接続され、X、トランジスタのソース（又は第1の端子など）、トランジスタのドレイン（又は第2の端子など）、Yは、この接続順序で設けられている」と表現することができる。これらの例と同様な表現方法を用いて、回路構成における接続の順序について規定することにより、トランジスタのソース（又は第1の端子など）と、ドレイン（又は第2の端子など）とを、区別して、技術的範囲を決定することができる。なお、これらの表現方法は、一例であり、これらの表現方法に限定されない。ここで、X、Yは、対象物（例えば、装置、素子、回路、配線、電極、端子、導電膜、層、など）であるとする。

[0026]

なお、回路図上は独立している構成要素同士が電氣的に接続しているように図示されている場合であっても、1つの構成要素が、複数の構成要素の機能を併せ持っている場合もある。例えば配線

の一部が電極としても機能する場合は、一の導電膜が、配線の機能、及び電極の機能の両方の構成要素の機能を併せ持っている。したがって、本明細書における電氣的に接続とは、このような、一の導電膜が、複数の構成要素の機能を併せ持っている場合も、その範疇に含める。

[0027]

また、本明細書等において、「抵抗素子」とは、例えば、 $0\ \Omega$ よりも高い抵抗値を有する回路素子、 $0\ \Omega$ よりも高い抵抗値を有する配線などとすることができる。そのため、本明細書等において、「抵抗素子」は、抵抗値を有する配線、ソースドレイン間に電流が流れるトランジスタ、ダイオード、コイルなどを含むものとする。そのため、「抵抗素子」という用語は、「抵抗」、「負荷」、「抵抗値を有する領域」などの用語に言い換えることができる場合がある。逆に「抵抗」、「負荷」、「抵抗値を有する領域」という用語は、「抵抗素子」などの用語に言い換えることができる場合がある。抵抗値としては、例えば、好ましくは $1\text{ m}\Omega$ 以上 $10\ \Omega$ 以下、より好ましくは $5\text{ m}\Omega$ 以上 $5\ \Omega$ 以下、更に好ましくは $10\text{ m}\Omega$ 以上 $1\ \Omega$ 以下とすることができる。また、例えば、 $1\ \Omega$ 以上 $1 \times 10^9\ \Omega$ 以下としてもよい。

[0028]

また、本明細書等において、「容量素子」とは、例えば、 0 F よりも高い静電容量の値を有する回路素子、 0 F よりも高い静電容量の値を有する配線の領域、寄生容量、トランジスタのゲート容量などとすることができる。また、「容量素子」、「寄生容量」、「ゲート容量」などという用語は、「容量」などの用語に言い換えることができる場合がある。逆に、「容量」という用語は、「容量素子」、「寄生容量」、「ゲート容量」などの用語に言い換えることができる場合がある。また、「容量」の「一对の電極」という用語は、「一对の導電体」、「一对の導電領域」、「一对の領域」などに言い換えることができる。なお、静電容量の値としては、例えば、 0.05 fF 以上 10 pF 以下とすることができる。また、例えば、 1 pF 以上 $10\ \mu\text{F}$ 以下としてもよい。

[0029]

また、本明細書等において、トランジスタは、ゲート、ソース、及びドレインと呼ばれる3つの端子を有する。ゲートは、トランジスタの導通状態を制御する制御端子である。ソース又はドレインとして機能する2つの端子は、トランジスタの入出力端子である。2つの入出力端子は、トランジスタの導電型（nチャネル型、pチャネル型）及びトランジスタの3つの端子に与えられる電位の高低によって、一方がソースとなり他方がドレインとなる。このため、本明細書等においては、ソース及びドレインの用語は、互いに言い換えることができる場合がある。また、本明細書等では、トランジスタの接続関係を説明する際、「ソース又はドレインの一方」（又は第1電極、又は第1端子）、「ソース又はドレインの他方」（又は第2電極、又は第2端子）という表記を用いる。なお、トランジスタの構造によっては、上述した3つの端子に加えて、バックゲートを有する場合がある。この場合、本明細書等において、トランジスタのゲート又はバックゲートの一方を第1ゲートと呼称し、トランジスタのゲート又はバックゲートの他方を第2ゲートと呼称することがある。更に、同じトランジスタにおいて、「ゲート」と「バックゲート」の用語は互いに入れ換えることができる場合がある。また、トランジスタが、3以上のゲートを有する場合は、本明細書等においては、それぞれのゲートを第1ゲート、第2ゲート、第3ゲートなどと呼称することがある。

[0030]

例えば、本明細書等において、トランジスタの一例としては、ゲート電極が2個以上のマルチゲート構造のトランジスタを用いることができる。マルチゲート構造にすると、チャネル形成領域が

直列に接続されるため、複数のトランジスタが直列に接続された構造となる。よって、マルチゲート構造により、オフ電流の低減、トランジスタの耐圧向上（信頼性の向上）を図ることができる。または、マルチゲート構造により、飽和領域で動作する時に、ドレインとソースとの間の電圧が変化しても、ドレインとソースとの間の電流があまり変化せず、傾きがフラットである電圧・電流特性を得ることができる。傾きがフラットである電圧・電流特性を利用すると、理想的な電流源回路、又は非常に高い抵抗値をもつ能動負荷を実現することができる。その結果、特性のよい差動回路又はカレントミラー回路などを実現することができる。

[0031]

また、回路図上では、単一の回路素子が図示されている場合でも、当該回路素子が複数の回路素子を有する場合がある。例えば、回路図上に1個の抵抗が記載されている場合は、2個以上の抵抗が直列に電氣的に接続されている場合を含むものとする。また、例えば、回路図上に1個の容量が記載されている場合は、2個以上の容量が並列に電氣的に接続されている場合を含むものとする。また、例えば、回路図上に1個のトランジスタが記載されている場合は、2個以上のトランジスタが直列に電氣的に接続され、かつそれぞれのトランジスタのゲート同士が電氣的に接続されている場合を含むものとする。また、同様に、例えば、回路図上に1個のスイッチが記載されている場合は、当該スイッチが2個以上のトランジスタを有し、2個以上のトランジスタが直列、又は並列に電氣的に接続され、それぞれのトランジスタのゲート同士が電氣的に接続されている場合を含むものとする。

[0032]

また、本明細書等において、ノードは、回路構成、デバイス構造等に応じて、端子、配線、電極、導電層、導電体、不純物領域等と言い換えることが可能である。また、端子、配線等をノードと言い換えることが可能である。

[0033]

また、本明細書等において、「電圧」と「電位」は、適宜言い換えることができる。「電圧」は、基準となる電位からの電位差のことであり、例えば基準となる電位をグラウンド電位（接地電位）とすると、「電圧」を「電位」に言い換えることができる。なお、グラウンド電位は必ずしも0Vを意味するとは限らない。また、電位は相対的なものであり、基準となる電位が変わることによって、配線に与えられる電位、回路などに印加される電位、回路などから出力される電位なども変化する。

[0034]

また、本明細書等において、「高レベル電位」、「低レベル電位」という用語は、特定の電位を意味するものではない。例えば、2本の配線において、両方とも「高レベル電位を供給する配線として機能する」と記載されていた場合、両方の配線が与えるそれぞれの高レベル電位は、互いに等しくなくてもよい。また、同様に、2本の配線において、両方とも「低レベル電位を供給する配線として機能する」と記載されていた場合、両方の配線が与えるそれぞれの低レベル電位は、互いに等しくなくてもよい。

[0035]

「電流」とは、電荷の移動現象（電気伝導）のことであり、例えば、「正の荷電体の電気伝導が起きている」という記載は、「その逆向きに負の荷電体の電気伝導が起きている」と換言することができる。そのため、本明細書等において、「電流」とは、特に断らない限り、キャリアの移動に伴

う電荷の移動現象（電気伝導）をいうものとする。ここでいうキャリアとは、電子、正孔、アニオン、カチオン、錯イオン等が挙げられ、電流の流れる系（例えば、半導体、金属、電解液、真空中など）によってキャリアが異なる。また、配線等における「電流の向き」は、正電荷となるキャリアが移動する方向とし、正の電流量で記載する。換言すると、負電荷となるキャリアが移動する方向は、電流の向きと逆の方向となり、負の電流量で表現される。そのため、本明細書等において、電流の正負（又は電流の向き）について断りがない場合、「素子Aから素子Bに電流が流れる」等の記載は「素子Bから素子Aに電流が流れる」等に言い換えることができるものとする。また、「素子Aに電流が入力される」等の記載は「素子Aから電流が出力される」等に言い換えることができるものとする。

[0036]

また、本明細書等において、「第1」、「第2」、「第3」という序数詞は、構成要素の混同を避けるために付したものである。従って、構成要素の数を限定するものではない。また、構成要素の順序を限定するものではない。例えば、本明細書等の実施の形態の一において「第1」に言及された構成要素が、他の実施の形態、あるいは特許請求の範囲において「第2」に言及された構成要素とすることもありうる。また例えば、本明細書等の実施の形態の一において「第1」に言及された構成要素を、他の実施の形態、あるいは特許請求の範囲において省略することもありうる。

[0037]

また、本明細書等において、「上に」、「下に」などの配置を示す語句は、構成同士的位置関係を、図面を参照して説明するために、便宜上用いている場合がある。また、構成同士的位置関係は、各構成を描写する方向に応じて適宜変化するものである。従って、明細書等で説明した語句に限定されず、状況に応じて適切に言い換えることができる。例えば、「導電体の上面に位置する絶縁体」の表現では、示している図面の向きを180度回転することによって、「導電体の下面に位置する絶縁体」と言い換えることができる。

[0038]

また、「上」、又は「下」の用語は、構成要素の位置関係が直上又は直下で、かつ、直接接していることを限定するものではない。例えば、「絶縁層A上の電極B」の表現であれば、絶縁層Aの上に電極Bが直接接して形成されている必要はなく、絶縁層Aと電極Bとの間に他の構成要素を含むものを除外しない。

[0039]

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

[0040]

また、本明細書等において「電極」、「配線」、「端子」などの用語は、これらの構成要素を機能的に限定するものではない。例えば、「電極」は「配線」の一部として用いられることがあり、その逆もまた同様である。さらに、「電極」、又は「配線」の用語は、複数の「電極」又は「配線」

が一体となって形成されている場合なども含む。また、例えば、「端子」は「配線」又は、「電極」の一部として用いられることがあり、その逆もまた同様である。更に、「端子」の用語は、複数の「電極」、「配線」、「端子」などが一体となって形成されている場合なども含む。そのため、例えば、「電極」は「配線」又は「端子」の一部とすることができ、また、例えば、「端子」は「配線」又は「電極」の一部とすることができる。また、「電極」、「配線」、「端子」などの用語は、場合によって、「領域」などの用語に置き換える場合がある。

[0041]

また、本明細書等において、「配線」、「信号線」、「電源線」などの用語は、場合によっては、又は、状況に応じて、互いに入れ替えることが可能である。例えば、「配線」という用語を、「信号線」という用語に変更することが可能な場合がある。また、例えば、「配線」という用語を、「電源線」などの用語に変更することが可能な場合がある。また、その逆も同様で、「信号線」、「電源線」などの用語を、「配線」という用語に変更することが可能な場合がある。「電源線」などの用語は、「信号線」などの用語に変更することが可能な場合がある。また、その逆も同様で「信号線」などの用語は、「電源線」などの用語に変更することが可能な場合がある。また、配線に印加されている「電位」という用語を、場合によっては、又は、状況に応じて、「信号」などという用語に変更することが可能な場合がある。また、その逆も同様で、「信号」などの用語は、「電位」という用語に変更することが可能な場合がある。

[0042]

本明細書等において、半導体の不純物とは、例えば、半導体層を構成する主成分以外をいう。例えば、濃度が0.1原子%未満の元素は不純物である。不純物が含まれることにより、例えば、半導体の欠陥準位密度が高くなること、キャリア移動度が低下すること、結晶性が低下すること、などが起こる場合がある。半導体が酸化物半導体である場合、半導体の特性を変化させる不純物としては、例えば、第1族元素、第2族元素、第13族元素、第14族元素、第15族元素、主成分以外の遷移金属などがあり、特に、例えば、水素（水にも含まれる）、リチウム、ナトリウム、シリコン、ホウ素、リン、炭素、窒素などがある。具体的には、半導体がシリコン層である場合、半導体の特性を変化させる不純物としては、例えば、第1族元素、第2族元素、第13族元素、第15族元素など（但し、酸素、水素は含まない）がある。

[0043]

本明細書等において、スイッチとは、導通状態（オン状態）、又は、非導通状態（オフ状態）になり、電流を流すか流さないかを制御する機能を有するものをいう。又は、スイッチとは、電流を流す経路を選択して切り替える機能を有するものをいう。そのため、スイッチは、制御端子とは別に、電流を流す端子を2つ、又は3つ以上有する場合がある。一例としては、電氣的なスイッチ、機械的なスイッチなどを用いることができる。つまり、スイッチは、電流を制御できるものであればよく、特定のものに限定されない。

[0044]

電氣的なスイッチの一例としては、トランジスタ（例えば、バイポーラトランジスタ、MOSトランジスタなど）、ダイオード（例えば、PNダイオード、PINダイオード、ショットキーダイオード、MIM (Metal Insulator Metal) ダイオード、MIS (Metal Insulator Semiconductor) ダイオード、ダイオード接続のトランジスタなど）、又はこれらを組み合わせた論理回路などがある。なお、スイッチとしてトランジスタ

を用いる場合、トランジスタの「導通状態」とは、例えば、トランジスタのソース電極とドレイン電極が電氣的に短絡されているとみなせる状態、ソース電極とドレイン電極との間に電流を流すことができる状態をいう。また、トランジスタの「非導通状態」とは、トランジスタのソース電極とドレイン電極が電氣的に遮断されているとみなせる状態をいう。なおトランジスタを単なるスイッチとして動作させる場合には、トランジスタの極性（導電型）は特に限定されない。

[0045]

機械的なスイッチの一例としては、MEMS（マイクロ・エレクトロ・メカニカル・システムズ）技術を用いたスイッチがある。そのスイッチは、機械的に動かすことが可能な電極を有し、その電極が動くことによって、導通と非導通とを制御して動作する。

[0046]

また、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。

[0047]

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

[0048]

また、発光デバイスは、シングル構造と、タンデム構造とに大別することができる。シングル構造のデバイスは、一対の電極間に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。白色発光を得るには、2以上の発光層の各々の発光が補色の関係となるような発光層を選択すればよい。例えば、第1の発光層の発光色と第2の発光層の発光色を補色の関係になるようにすることで、発光デバイス全体として白色発光する構成を得ることができる。また、発光層を3つ以上有する発光デバイスの場合も同様である。

[0049]

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。

[0050]

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

[0051]

本明細書において、「平行」とは、二つの直線が -10° 以上 10° 以下の角度で配置されている状態をいう。したがって、 -5° 以上 5° 以下の場合も含まれる。また、「略平行」又は「概略平行」とは、二つの直線が -30° 以上 30° 以下の角度で配置されている状態をいう。また、「垂直」とは、二つの直線が 80° 以上 100° 以下の角度で配置されている状態をいう。したがって、 85° 以上 95° 以下の場合も含まれる。また、「略垂直」又は「概略垂直」とは、二つの直線が 60° 以上 120° 以下の角度で配置されている状態をいう。

発明の効果

[0052]

本発明の一態様によって、解像度が高い表示装置の作製方法を提供することができる。又は、本発明の一態様によって、消費電力が低い表示装置の作製方法を提供することができる。又は、本発明の一態様によって、サイズの小さい表示装置の作製方法を提供することができる。又は、本発明の一態様によって、新規の表示装置の作製方法を提供することができる。又は、本発明の一態様によって、高解像度、低消費電力、小面積の少なくとも一を満たす表示装置を提供することができる。又は、本発明の一態様によって、前述した表示装置を有する電子機器を提供することができる。

[0053]

なお本発明の一態様の効果は、上記列挙した効果に限定されない。上記列挙した効果は、他の効果の存在を妨げるものではない。なお他の効果は、以下の記載で述べる、本項目で言及していない効果である。本項目で言及していない効果は、当業者であれば明細書又は図面等の記載から導き出せるものであり、これらの記載から適宜抽出することができる。なお、本発明の一態様は、上記列挙した効果、及び他の効果のうち、少なくとも一つの効果を有するものである。従って本発明の一態様は、場合によっては、上記列挙した効果を有さない場合もある。

図面の簡単な説明

[0054]

図1は、表示装置の構成例を示した断面模式図である。

図2A乃至図2Cは、発光デバイスの構成例を示した模式図である。

図3は、表示装置の構成例を示した断面模式図である。

図4は、表示装置の構成例を示した断面模式図である。

図5A乃至図5Eは、表示装置の作製方法の例を示した断面模式図である。

図6A乃至図6Eは、表示装置の作製方法の例を示した断面模式図である。

図7A乃至図7Eは、表示装置の作製方法の例を示した断面模式図である。

図8A乃至図8Dは、表示装置の作製方法の例を示した断面模式図である。

図9A乃至図9Cは、表示装置の構成例を示した断面模式図である。

図10A乃至図10Cは、表示装置の構成例を示した断面模式図である。

図11A、及び図11Bは、表示装置の構成例を示した断面模式図である。

図12A乃至図12Eは、表示装置の作製方法の例を示した断面模式図である。

図13A乃至図13Dは、表示装置の作製方法の例を示した断面模式図である。

図14A、及び図14Bは、表示装置の構成例を示した断面模式図である。

図15A、及び図15Bは、トランジスタの構成例を示した断面模式図である。

図16A、及び図16Bは、トランジスタの構成例を示した断面模式図である。

図 1 7 A は I G Z O の結晶構造の分類を説明する図であり、図 1 7 B は結晶性 I G Z O の X R D スペクトルを説明する図であり、図 1 7 C は結晶性 I G Z O の極微電子線回折パターンを説明する図である。

図 1 8 A 乃至図 1 8 F は、電子機器の構成例を示す図である。

図 1 9 A 及び図 1 9 B は、表示モジュールの構成例を示す図である。

図 2 0 A 及び図 2 0 B は、電子機器の構成例を示す図である。

図 2 1 A 乃至図 2 1 C は、電子機器の構成例を示す図である。

図 2 2 A 乃至図 2 2 D は、電子機器の構成例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0055]

本明細書等において、金属酸化物 (metal oxide) とは、広い意味での金属の酸化物である。金属酸化物は、酸化物絶縁体、酸化物導電体 (透明酸化物導電体を含む)、酸化物半導体 (Oxide Semiconductor 又は単に OS ともいう) などに分類される。例えば、トランジスタのチャネル形成領域に金属酸化物が含まれている場合、当該金属酸化物を酸化物半導体と呼称する場合がある。つまり、金属酸化物が増幅作用、整流作用、及びスイッチング作用の少なくとも 1 つを有するトランジスタのチャネル形成領域を構成し得る場合、当該金属酸化物を、金属酸化物半導体 (metal oxide semiconductor) と呼称することができる。また、OS トランジスタと記載する場合においては、金属酸化物又は酸化物半導体を有するトランジスタと換言することができる。

[0056]

また、本明細書等において、窒素を有する金属酸化物も金属酸化物 (metal oxide) と総称する場合がある。また、窒素を有する金属酸化物を、金属酸窒化物 (metal oxynitride) と呼称してもよい。

[0057]

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

[0058]

なお、ある一つの実施の形態の中で述べる内容 (一部の内容でもよい) は、その実施の形態で述べる別の内容 (一部の内容でもよい) と、一つ若しくは複数の別の実施の形態で述べる内容 (一部の内容でもよい) との少なくとも一つの内容に対して、適用、組み合わせ、又は置き換えなどを行うことができる。

[0059]

なお、実施の形態の中で述べる内容とは、各々の実施の形態において、様々な図を用いて述べる内容、又は明細書に記載される文章を用いて述べる内容のことである。

[0060]

なお、ある一つの実施の形態において述べる図 (一部でもよい) は、その図の別の部分、その実施の形態において述べる別の図 (一部でもよい) と、一つ若しくは複数の別の実施の形態において述べる図 (一部でもよい) との少なくとも一つの内容に対して、組み合わせることにより、さらに多くの図を構成させることができる。

[0061]

本明細書に記載の実施の形態について図面を参照しながら説明している。但し、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、実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。なお、実施の形態の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場合がある。また、斜視図などにおいて、図面の明確性を期すために、一部の構成要素の記載を省略している場合がある。

[0062]

本明細書等において、複数の要素に同じ符号を用いる場合、特に、それらを区別する必要があるときには、符号に“__1”、“[n]”、“[m, n]”等の識別用の符号を付記して記載する場合がある。また、図面等において、符号に“__1”、“[n]”、“[m, n]”等の識別用の符号を付記している場合、本明細書等において区別する必要が無いときには、識別用の符号を記載しない場合がある。

[0063]

また、本明細書の図面において、大きさ、層の厚さ、又は領域は、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。なお図面は、理想的な例を模式的に示したものであり、図面に示す形状又は値などに限定されない。例えば、ノイズによる信号、電圧、若しくは電流のばらつき、又は、タイミングのずれによる信号、電圧、若しくは電流のばらつきなどを含むことが可能である。

[0064]

(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。

[0065]

<表示装置の構成例>

図1は、本発明の一態様の表示装置の一例を示した断面図である。図1に示す表示装置100は、一例として、基板101上に画素回路、駆動回路などが設けられた構成となっている。

[0066]

基板101としては、例えば、シリコン又はゲルマニウムを材料とした半導体基板（例えば、単結晶基板）を用いることができる。また、基板101としては、半導体基板以外としては、例えば、SOI（Silicon On Insulator）基板、ガラス基板、石英基板、プラスチック基板、サファイアガラス基板、金属基板、ステンレス・スチル基板、ステンレス・スチル・ホイルを有する基板、タングステン基板、タングステン・ホイルを有する基板、可撓性基板、貼り合わせフィルム、繊維状の材料を含む紙、又は基材フィルムなどを用いることができる。ガラス基板の一例としては、バリウムホウケイ酸ガラス、アルミノホウケイ酸ガラス、又はソーダライムガラスなどがある。可撓性基板、貼り合わせフィルム、基材フィルムなどの一例としては、以下のものがあげられる。例えば、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリエチレンナフタレート（PEN）、ポリエーテルサルフォン（PES）、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）に代表されるプラスチックがある。または、一例としては、アクリル等の合成樹脂などがある。または、一例としては、ポリプロピレン、ポリエステル、ポリフッ化ビニル、又はポリ塩化ビニルなどがある。

または、一例としては、ポリアミド、ポリイミド、アラミド、エポキシ樹脂、無機蒸着フィルム、又は紙類などがある。なお、表示装置 100 の作製工程において熱処理が含まれている場合、基板 101 としては、熱に対して耐性の高い材料を選択することが好ましい。

[0067]

なお、本実施の形態では、基板 101 は、シリコンなどを材料として有する半導体基板として説明する。

[0068]

表示装置 100 は、基板 101 上に、トランジスタ 170 と、発光デバイス 150 a 乃至発光デバイス 150 c と、を有する。

[0069]

トランジスタ 170 は、基板 101 上に設けられ、素子分離層 171、導電体 175、絶縁体 174、基板 101 の一部からなる半導体領域 173、ソース領域又はドレイン領域として機能する低抵抗領域 172 a、及び低抵抗領域 172 b を有する。このため、トランジスタ 170 は、チャネル形成領域にシリコンが含まれているトランジスタ（以後、Si トランジスタと呼称する）となっている。なお、図 1 では、トランジスタ 170 のソース領域又はドレイン領域の一方が、後述する導電体 126 を介して、発光デバイス 150 の画素電極（後述する導電体 121）に電気的に接続されている構成を示しているが、本発明の一態様の半導体装置の電気的な接続構成は、これに限定されない。本発明の一態様の半導体装置は、例えば、トランジスタ 170 のソース又はドレインの他方が、導電体 126 を介して、発光デバイス 150 の画素電極（導電体 121）に電気的に接続されている構成としてもよく、又は、トランジスタ 170 のゲートが、導電体 126 を介して、発光デバイス 150 の画素電極（後述する導電体 121）に電気的に接続されている構成としてもよい。

[0070]

トランジスタ 170 は、例えば、Fin 型にすることによって、実効上のチャネル幅が増大することができ、トランジスタ 170 のオン特性を向上させることができる。また、ゲート電極の電界の寄与を高くすることができるため、トランジスタ 170 のオフ特性を向上させることができる。

[0071]

なお、トランジスタ 170 は、p チャネル型、あるいは n チャネル型のいずれでもよい。またはトランジスタ 170 を複数設け、p チャネル型、及び n チャネル型の双方を用いてもよい。

[0072]

半導体領域 173 のチャネルが形成される領域、その近傍の領域、ソース領域、又はドレイン領域となる低抵抗領域 172 a、及び低抵抗領域 172 b などにおいて、シリコン系半導体などの半導体を含むことが好ましく、単結晶シリコンを含むことが好ましい。又は、Ge（ゲルマニウム）、SiGe（シリコンゲルマニウム）、GaAs（ガリウムヒ素）、GaAlAs（ガリウムアルミニウムヒ素）、GaN（窒化ガリウム）などを有する材料で形成してもよい。結晶格子に応力を与え、格子間隔を変化させることで有効質量を制御したシリコンを用いた構成としてもよい。又は、GaAs、GaAlAs 等を用いることで、トランジスタ 170 を HEMT（High Electron Mobility Transistor）としてもよい。

[0073]

ゲート電極として機能する導電体 175 は、ヒ素、リンなどの n 型の導電性を付与する元素、も

しくはホウ素などの p 型の導電性を付与する元素を含むシリコンなどの半導体材料、金属材料、合金材料、又は金属酸化物材料などの導電性材料を用いることができる。

[0074]

なお、導電体の材料によって仕事関数が決まるため、当該導電体の材料を選択することで、トランジスタのしきい値電圧を調整することができる。具体的には、導電体に窒化チタン、窒化タンタルなどの材料を用いることが好ましい。さらに導電性と埋め込み性を両立するために導電体にタングステン、アルミニウムなどの金属材料を積層として用いることが好ましく、特にタングステンをを用いることが耐熱性の点で好ましい。

[0075]

素子分離層 171 は、基板 101 上に形成されている複数のトランジスタ同士を分離するために設けられている。素子分離層は、例えば、LOCOS (Local Oxidation of Silicon) 法、STI (Shallow Trench Isolation) 法、メサ分離法などを用いて形成することができる。

[0076]

なお、図 1 に示すトランジスタ 170 は一例であり、その構造に限定されず、回路構成、駆動方法などに応じて適切なトランジスタを用いればよい。例えば、トランジスタ 170 は、Fin 型ではなく、プレーナ型の構造としてもよい。

[0077]

図 1 に示すトランジスタ 170 には絶縁体 116、絶縁体 117、及び絶縁体 111 が順に積層されている。

[0078]

絶縁体 116、及び絶縁体 117 として、例えば、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、酸化窒化アルミニウム、窒化酸化アルミニウム、窒化アルミニウムなどを用いればよい。

[0079]

なお、本明細書中において、酸化窒化シリコンとは、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、窒化酸化シリコンとは、その組成として、酸素よりも窒素の含有量が多い材料を示す。また、本明細書中において、酸化窒化アルミニウムとは、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、窒化酸化アルミニウムとは、その組成として、酸素よりも窒素の含有量が多い材料を示す。

[0080]

絶縁体 117 は、絶縁体 116 及び絶縁体 117 に覆われているトランジスタ 170 などによって生じる段差を平坦化する平坦化膜としての機能を有していてもよい。例えば、絶縁体 117 の上面は、平坦性を高めるために化学機械研磨 (CMP) 法等を用いた平坦化処理により平坦化されていてもよい。

[0081]

また、絶縁体 111 には、基板 101、又はトランジスタ 170 などから、絶縁体 111 より上方の領域に、水、水素、不純物などが拡散しないようなバリア絶縁膜を用いることが好ましい。したがって、絶縁体 111 は、水素原子、水素分子、水分子などの不純物の拡散を抑制する機能を有する (上記不純物が透過しにくい) 絶縁性材料を用いることが好ましい。また、状況によっては、

絶縁体 1 1 1 は、窒素原子、窒素分子、酸化窒素分子 (N_2O 、 NO 、 NO_2 など)、銅原子などの不純物の拡散を抑制する機能を有する (上記酸素が透過しにくい) 絶縁性材料を用いることが好ましい。または、酸素 (例えば、酸素原子、酸素分子などの少なくとも一) の拡散を抑制する機能を有することが好ましい。

[0082]

なお、本明細書において、バリア絶縁膜とは、バリア性を有する絶縁膜のことを指す。本明細書において、バリア性とは、対応する物質の拡散を抑制する機能 (透過性が低いともいう) とする。または、対応する物質を、捕獲、および固着する (ゲッタリングともいう) 機能とする。

[0083]

絶縁体 1 1 1 としては、水、水素などの不純物、および酸素の拡散を抑制する機能を有する絶縁体を用いることが好ましく、例えば、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化ハフニウム、酸化ガリウム、インジウムガリウム亜鉛酸化物、窒化シリコン、または窒化酸化シリコンなどを用いることができる。例えば、絶縁体 1 1 1 として、より水素バリア性が高い、窒化シリコンなどを用いることが好ましい。また、例えば、絶縁体 1 1 1 として、水素を捕獲および水素を固着する機能が高い、酸化アルミニウムまたは酸化マグネシウムなどを用いることが好ましい。

[0084]

水素の脱離量は、例えば、昇温脱離ガス分析法 (TDS) などを用いて分析することができる。例えば、絶縁体 1 1 1 の水素の脱離量は、TDS 分析において、膜の表面温度が 50°C から 500°C の範囲において、水素原子に換算した脱離量が、絶縁体 1 1 1 の面積当りに換算して、 $10 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^2$ 以下、好ましくは $5 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^2$ 以下であればよい。

[0085]

また、絶縁体 1 1 1 は、平坦性が高い膜とすることが好ましい。この場合、絶縁体 1 1 1 としては、例えば、アクリル樹脂、ポリイミドなどの有機材料を適用することができる。

[0086]

なお、絶縁体 1 1 1 は、絶縁体 1 1 7 よりも誘電率が低いことが好ましい。例えば、絶縁体 1 1 1 の比誘電率は 4 未満が好ましく、3 未満がより好ましい。また例えば、絶縁体 1 1 1 の比誘電率は、絶縁体 1 1 7 の比誘電率の 0.7 倍以下が好ましく、0.6 倍以下がより好ましい。誘電率が低い材料を層間膜とすることで、配線間に生じる寄生容量を低減することができる。

[0087]

また、絶縁体 1 1 6、絶縁体 1 1 7、及び絶縁体 1 1 1 には、絶縁体 1 1 1 より上方に設けられている発光デバイスなどと接続する導電体 1 2 6 等が埋め込まれている。なお、導電体 1 2 6 は、プラグ又は配線としての機能を有する。また、プラグ又は配線としての機能を有する導電体は、複数の構造をまとめて同一の符号を付与する場合がある。また、本明細書等において、配線と、配線と接続するプラグとが一体物であってもよい。すなわち、導電体の一部が配線として機能する場合、及び導電体の一部がプラグとして機能する場合もある。

[0088]

各プラグ、及び配線 (導電体 1 2 6 等) の材料としては、金属材料、合金材料、金属窒化物材料、又は金属酸化物材料などの導電性材料を、単層又は積層して用いることができる。耐熱性と導電性を両立するタングステン、モリブデンなどの高融点材料を用いることが好ましく、タングステンを用いることが好ましい。又は、アルミニウム、銅などの低抵抗導電性材料で形成することが好まし

い。低抵抗導電性材料を用いることで配線抵抗を低くすることができる。

[0089]

なお、絶縁体117よりも上層で、かつ絶縁体111よりも下層には、例えば、配線層を設けてもよい（図示しない）。

[0090]

図1において、絶縁体111よりも上方には、発光デバイス150a乃至発光デバイス150cが設けられている。以下では、図1に示している、絶縁体111よりも上方に設けられている発光デバイス150a乃至発光デバイス150cの構成例について説明する。

[0091]

なお、本明細書等において、発光デバイス150a乃至発光デバイス150cのそれぞれを区別しない場合は、発光デバイス150a乃至発光デバイス150cをまとめて発光デバイス150として説明する場合がある。同様に、導電体121a乃至導電体121cをまとめて導電体121と記載する場合があり、また、EL層141a乃至EL層141cをまとめてEL層141と記載する場合がある。

[0092]

絶縁体111上には、発光デバイス150a乃至発光デバイス150cのそれぞれの画素電極として機能する導電体121a乃至導電体121cが設けられている。なお、図1では、絶縁体111上の一部には、導電体121a乃至導電体121cが設けられていない領域が存在する。

[0093]

絶縁体111上、及び導電体121a上には、絶縁体112が設けられている。なお、図1では、導電体121a上、導電体121b上、及び導電体121c上の一部には、絶縁体112が設けられていない領域が存在する。

[0094]

絶縁体112上、及び導電体121a上には、EL層141aが設けられている。また、絶縁体112上、及び導電体121b上には、EL層141bが設けられている。また、絶縁体112上、及び導電体121c上には、EL層141cが設けられている。なお、図1では、絶縁体112上の一部には、EL層141a乃至EL層141cが設けられていない領域が存在する。

[0095]

ところで、EL層141a乃至EL層141cのそれぞれは、異なる色の発光を呈する発光層を有することが好ましい。例えば、EL層141aは、青色（B）の発光を呈する発光層を有し、EL層141bは、緑色（G）の発光を呈する発光層を有し、EL層141cは、赤色（R）の発光を呈する発光層を有することができる。このように、複数の画素電極（導電体121a乃至導電体121c）上に色毎に異なる発光層を形成する構造を、本明細書等では、SBS（Side By Side）構造と呼称する。

[0096]

なお、EL層141a乃至EL層141cのそれぞれに含まれる発光層が発光する色の組み合わせは、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、3色の例を示したが、表示装置100に含まれる発光デバイス150が発光する色の数は、2色としてもよいし、4色以上としてもよい。

[0097]

EL層141a、EL層141b、及びEL層141cは、それぞれ発光性の有機化合物を含む層（発光層）のほかに、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、一以上を有していてもよい。

[0098]

例えば、図1における発光デバイス150a乃至発光デバイス150cとしては、図2Aに示す発光デバイス150のように、層4420、発光層4411、層4430などの複数の層で構成することができる。また、図1では、EL層141a、EL層141b、及びEL層141cのそれぞれとしては、発光層4411、層4430を有する構成とすることができる。

[0099]

層4420は、例えば電子注入性の高い物質を含む層（電子注入層）および電子輸送性の高い物質を含む層（電子輸送層）などを有することができる。発光層4411は、例えば発光性の化合物を有する。層4430は、例えば正孔注入性の高い物質を含む層（正孔注入層）および正孔輸送性の高い物質を含む層（正孔輸送層）を有することができる。

[0100]

一対の電極間（導電体121と後述する導電体122）に設けられた層4420、発光層4411および層4430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、本明細書等では図2Aの構成をシングル構造と呼ぶ。

[0101]

なお、図2Bに示すように層4420と層4430との間に複数の発光層（発光層4411、発光層4412、発光層4413）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。

[0102]

また、層4420、発光層4411、層4430などの複数の層を有する積層体を発光ユニットと呼称する場合がある。また、複数の発光ユニットは、中間層（電荷発生層）を介して直列に接続することができる。具体的には、図2Cに示すように、複数の発光ユニットである、発光ユニット4400a、発光ユニット4400bが中間層（電荷発生層）4440を介して直列に接続することができる。なお、本明細書では、このような構造をタンデム構造と呼ぶ。また、本明細書などでは、タンデム構造を、例えば、スタック構造と言い換える場合がある。なお、発光デバイスをタンデム構造とすることで、高輝度発光が可能な発光デバイスとすることができる。また、発光デバイスをタンデム構造とすることで、発光デバイスの発光効率の向上、発光デバイスの寿命の向上などが見込める。図1の表示装置100の発光デバイス150をタンデム構造とする場合、EL層141としては、例えば、発光ユニット4400aの発光層4411と層4430、中間層4440、発光ユニット4400bの層4420と発光層4412と層4430が含まれる構成とすることができる。

[0103]

また、白色を表示させる場合、先に記載したSBS構造は、上述したシングル構造及びタンデム構造よりも消費電力を低くすることができる。そのため、消費電力を低く抑えたい場合は、SBS構造を用いると好適である。一方で、シングル構造、及びタンデム構造は、製造プロセスがSBS構造よりも簡単であるため、製造コストを低くすることができる、または製造歩留まりを高くすることができるため、好適である。

[0104]

発光デバイス 150 の発光色は、EL 層 141 を構成する材料によって、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、発光デバイス 150 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さらに高めることができる。

[0105]

白色の光を発する発光デバイスは、発光層に 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。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。

[0106]

発光層には、R（赤）、G（緑）、B（青）、Y（黄）、O（橙）等の発光を示す発光物質を 2 以上含むことが好ましい。または、発光物質を 2 以上有し、それぞれの発光物質の発光は、R、G、B のうち 2 以上の色のスペクトル成分を含むことが好ましい。

[0107]

また、図 1 に示すように、異なる色の発光デバイス間において、2 つの EL 層の間に隙間が設けられている。このように、EL 層 141 a、EL 層 141 b、及び EL 層 141 c が、互いに接しないように設けられていることが好ましい。これにより、隣接する 2 つの EL 層を介して電流が流れ、意図しない発光が生じること（クロストークともいう）を好適に防ぐことができる。そのため、コントラストを高めることができ、表示品位の高い表示装置を実現できる。

[0108]

絶縁体 112 上、EL 層 141 a 上、EL 層 141 b 上、及び EL 層 141 c 上には、EL 層 142 が設けられている。

[0109]

EL 層 142 は、例えば、図 2 A の発光デバイス 150 における層 4420 に相当し、有機化合物を含む層とすることができる。つまり、EL 層 142 は、例えば電子注入性の高い物質を含む層（電子注入層）および電子輸送性の高い物質を含む層（電子輸送層）などを有することができる。

[0110]

また、EL 層 142 は、絶縁体 112 上、EL 層 141 a 上、EL 層 141 b 上、及び EL 層 141 c 上に連なるように形成されていることが好ましい。つまり、EL 層 142（電子注入層、及び電子輸送層）は、発光デバイス 150 a 乃至発光デバイス 150 c のそれぞれにおいて、共通の EL 層とすることができる。

[0111]

EL 層 142 上には、導電体 122、及び絶縁体 113 が順に設けられている。

[0112]

導電体 122 としては、例えば、発光デバイス 150 a 乃至発光デバイス 150 c のそれぞれの共通電極として機能する。また、発光デバイス 150 からの発光を表示装置 100 の上方に射出するため、導電体 122 としては、透光性を有する導電材料を有することが好ましい。

[0113]

絶縁体 113 は、例えば、発光デバイス 150 a、発光デバイス 150 b、及び発光デバイス 150 c を保護するパッシベーション膜として機能する。そのため、絶縁体 113 は、水などの進入を防ぐ材料であることが好ましい。

[0114]

絶縁体 113 上には、樹脂層 161 が設けられている。また、樹脂層 161 上には、基板 102 が設けられている。

[0115]

基板 102 としては、例えば、透光性を有する基板を適用することが好ましい。基板 102 に、透光性を有する基板を用いることで、発光デバイス 150a、発光デバイス 150b、及び発光デバイス 150c において発光する光を基板 102 の上方に射出することができる。

[0116]

上述したとおり、図 1 の表示装置 100 を構成することにより、好ましくは 1000 ppi 以上、より好ましくは 3000 ppi 以上、さらに好ましくは 5000 ppi 以上の解像度を有する表示装置を実現することができる。

[0117]

ところで、本発明の一態様は、上述した構成に限定されず、状況に応じて、上述した構成を適宜変更することができる。

[0118]

例えば、図 1 では、基板 101 上に Si トランジスタを設けて、Si トランジスタ上に発光デバイス 150 を設けた構成を示したが、Si トランジスタを別のトランジスタに置き換えてもよい。図 3 に示す表示装置 100 は、図 1 に示す表示装置 100 において、Si トランジスタを、OS トランジスタに置き換えた構成を示している。なお、図 3 の表示装置は、絶縁体 512 上に OS トランジスタであるトランジスタ 500 が設けられ、トランジスタ 500 上に絶縁体 581 が設けられ、絶縁体 581 上に発光デバイス 150 が設けられている。また、OS トランジスタについては、実施の形態 2 で詳述する。

[0119]

また、例えば、図 4 に示す表示装置 100 のとおり、基板 101 上に Si トランジスタであるトランジスタ 170 を設けて、トランジスタ 170 上に OS トランジスタであるトランジスタ 500 を設けて、トランジスタ 500 上に発光デバイス 150 を設けた構成としてもよい。図 4 に示す表示装置 100 は、例えば、トランジスタ 500 を、発光デバイス 150 における駆動トランジスタとし、トランジスタ 170 を、表示装置 100 を駆動させるドライバ回路に含まれるトランジスタなどとすることができる。

[0120]

また、例えば、上述した発光デバイス 150a、発光デバイス 150b、及び発光デバイス 150c は、一例として、それぞれマトリクス状に配列することができる。マトリクス状の配列としては、ストライプ型配列と呼ばれる場合がある。また、発光デバイスの配列方法はこれに限られず、デルタ型配列、ジグザグ型配列などの配列方法を適用してもよいし、ペンタイル型配列を用いることもできる。

[0121]

また、発光デバイス 150a、発光デバイス 150b、及び発光デバイス 150c としては、OLED (Organic Light Emitting Diode)、または QLED (Quantum-dot Light Emitting Diode) などの EL 素子を用いることが好ましい。EL 素子が有する発光物質としては、蛍光を発する物質（蛍光材料）、燐光を発する物質（燐光材料）、無機化合物（量子ドット材料など）、熱活性化遅延蛍光を示す物質（熱活性化

遅延蛍光（TADF）材料）などが挙げられる。

[0122]

<表示装置の作製方法1>

次に、図1に示した表示装置100の作製方法について説明する。

[0123]

図5A乃至図8Dは、本発明の一態様の表示装置の作製方法の一例を示した断面図である。なお、図5A乃至図8Dでは、図1の表示装置100の作製方法の例を示している。なお、本実施の形態では、表示装置100の作製方法は、一例として、ステップA1乃至ステップA18を有するものとして、説明する。

[0124]

[ステップA1]

ステップA1では、図5Aに示すとおりに、絶縁体111と、絶縁体111上に設けられた導電体121a乃至導電体121cと、絶縁体111上及び導電体121a乃至導電体121c上に設けられた絶縁体112と、が形成された積層体を準備する。なお、絶縁体111の下方には、図1に示すとおりに、トランジスタ、配線、層間膜などが設けられているものとする（図5A乃至図8Dには図示しない）。

[0125]

図5Aは、表示装置100において、絶縁体111と、導電体121a乃至導電体121cと、絶縁体112と、が形成された積層体の断面図を示している。

[0126]

導電体121a乃至導電体121cは、例えば、絶縁体111上に導電膜を成膜し、当該導電膜をパターニング工程、エッチング工程などを行うことによって、形成することができる。つまり、ステップA1は、絶縁体111上に導電体121a乃至導電体121cが形成されるステップを有する。

[0127]

また、絶縁体112は、例えば、絶縁体111上及び導電体121a乃至導電体121c上に絶縁膜を成膜し、導電体121a乃至導電体121cに重畳する当該絶縁膜の領域において、開口部を設けることによって、形成することができる。つまり、ステップA1は、絶縁体111上と、導電体121a上と、導電体121b上と、導電体121c上と、に絶縁膜が成膜されるステップと、当該絶縁膜の導電体121a、導電体121b上、及び導電体121cのそれぞれに重畳する領域に開口部が形成されるステップと、を有する。なお、本実施の形態において、ステップA1で形成する当該開口部を第1開口部と呼称する。

[0128]

導電体121a乃至導電体121cのそれぞれは、一例として、表示装置100が備えている発光デバイス150a、発光デバイス150b、及び発光デバイス150cのアノードとして機能する。

[0129]

導電体121a乃至導電体121cとしては、例えば、インジウム錫酸化物（ITOと呼ばれる場合がある）などを適用することができる。

[0130]

また、導電体 1 2 1 a 乃至導電体 1 2 1 c のそれぞれとしては、1 層ではなく、2 層以上の積層構造としてもよい。例えば、1 層目の導電体としては、可視光に対して反射率の高い導電体を適用し、最上層の導電体としては、透光性が高い導電体を適用することができる。可視光に対して反射率の高い導電体としては、例えば、銀、アルミニウム、銀 (A g) とパラジウム (P d) と銅 (C u) の合金膜 (A g - P d - C u (A P C) 膜) などが挙げられる。また、透光性が高い導電体としては、例えば、上述したインジウム錫酸化物などが挙げられる。また、導電体 1 2 1 a 乃至導電体 1 2 1 c としては、例えば、一對のチタンで挟まれたアルミニウムの積層膜 (T i、A l、T i の順の積層膜)、一對のインジウム錫酸化物で挟まれた銀の積層膜 (I T O、A g、I T O の順の積層膜) などとすることができる。

[0 1 3 1]

絶縁体 1 1 2 としては、例えば、後の工程で塗布される樹脂 1 3 1 __ 1 と溶融しない材料であることが好ましい。樹脂 1 3 1 __ 1 と溶融しない材料としては、例えば、絶縁性を有する無機膜が挙げられる。絶縁性を有する無機膜としては、例えば、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、酸化窒化アルミニウム、窒化酸化アルミニウム、窒化アルミニウムなどを用いることができる。

[0 1 3 2]

また、絶縁体 1 1 2 としては、後の工程で塗布される樹脂 1 3 1 __ 1 と溶融しない材料であれば有機膜を用いてもよい。絶縁体 1 1 2 に適用できる有機膜としては、例えば、ポリイミドなどが挙げられる。

[0 1 3 3]

また、絶縁体 1 1 2 としては、1 層目を上述した有機膜とし、2 層目を上述した無機膜とした多層構造としてもよい。この場合、1 層目の有機膜を 2 層目の無機膜によって保護することができるため、1 層目の有機膜としては、後の工程で塗布される樹脂 1 3 1 __ 1 と溶融する材料を用いることができる。

[0 1 3 4]

[ステップ A 2]

ステップ A 2 は、図 5 A に示した積層体の上部、つまり、絶縁体 1 1 2 上、及び導電体 1 2 1 a 乃至導電体 1 2 1 c 上に樹脂 1 3 1 __ 1 が塗布されるステップを有する。また、ステップ A 2 は、樹脂 1 3 1 __ 1 が塗布された後に、その樹脂 1 3 1 __ 1 の硬化条件に従って、樹脂 1 3 1 __ 1 を硬化させるステップを有する (図 5 B 参照)。

[0 1 3 5]

樹脂 1 3 1 __ 1 としては、例えば、水、アルコールなどにおいて可溶性を示す樹脂とすることが好ましい。また、樹脂 1 3 1 __ 1 としては、上記の可溶性に加えて、熱硬化性樹脂、光硬化性などの性質を有することが好ましい。特に、光硬化性樹脂としては、例えば、紫外線、可視光、赤外線などの波長領域で硬化する樹脂などが挙げられる。

[0 1 3 6]

また、樹脂 1 3 1 __ 1 としては、後述するステップ A 4 において、エッチング処理を用いて樹脂 1 3 1 __ 1 を部分的に除去する場合、絶縁体 1 1 2 と選択比が取れる材料とすることが好ましい。

[0 1 3 7]

また、樹脂 1 3 1 __ 1 としては、例えば、後の工程で塗布される樹脂 1 3 2 __ 1 と溶融しない材

料、又は溶融しにくい材料とすることが好ましい。

[0138]

なお、樹脂131__1の膜厚については、後述する。

[0139]

[ステップA3]

ステップA3は、図5Bに示した積層体の上部に樹脂132__1が塗布されるステップを有する(図5C参照)。また、樹脂132__1としては、例えば、フォトレジストとすることが好ましい。なお、フォトレジストは、ネガ型としてもよいし、ポジ型としてもよい。なお、本作製方法では、樹脂132__1をネガ型のフォトレジストとして説明する。

[0140]

なお、樹脂132__1の膜厚としては、例えば、樹脂131__1よりも厚くすることが好ましい。具体的には、例えば、樹脂131__1の膜厚を $1\mu\text{m}$ としたとき、樹脂132__1の膜厚を $2\mu\text{m}$ とすることが好ましい。又は、例えば、樹脂131__1の膜厚を $0.5\mu\text{m}$ としたとき、樹脂132__1の膜厚を $1\mu\text{m}$ とすることが好ましい。

[0141]

[ステップA4]

ステップA4は、図5Cに示した樹脂132__1に対して、露光工程、及び現像工程が行われるステップを有する。

[0142]

上述したとおり、樹脂132__1はネガ型のフォトレジストとしている。当該露光工程において、樹脂132__1に対する露光範囲としては、例えば、導電体121aに重畳しない樹脂132__1の領域を含む範囲とする。これにより、その後の現像工程によって、樹脂132__1の導電体121aに重畳する領域(露光されていない領域)において、樹脂131__1に達する開口部を形成することができる(図5D参照)。なお、本実施の形態では、ステップA4で形成された当該開口部を第2開口部と呼称する。また、樹脂132__1をネガ型のフォトレジストとすることによって、図5Dに示すとおり、樹脂132__1の開口部の側面を逆テーパにすることができる。

[0143]

また、樹脂132__1をポジ型のフォトレジストとしても、露光工程、及び現像工程における条件を適切に決めることによって、同様に、樹脂132__1の開口部の側面を逆テーパにすることができる。

[0144]

ところで、本明細書等において、テーパ角とは、テーパ形状を有する層を、その断面(基板の表面と直交する面)方向から観察した際に、当該層の側面と底面がなす当該層内の角度を示す。また、テーパ角が 90° 未満である場合を順テーパと呼称し、テーパ角が 90° 以上である場合を逆テーパと呼称する。

[0145]

なお、樹脂132__1の材料次第では、ステップA4の現像工程において使われる現像液などの薬液によって、樹脂131__1が当該薬液に溶けてしまう場合がある。これを防ぐため、ステップA2とステップA3との間に、樹脂131__1上に保護層を形成するステップをも有してもよい。当該保護層としては、ステップA4の現像工程において使われる薬液に対する耐性を有しているこ

とが好ましい。図5 Eには、ステップA 2とステップA 3との間に保護層1 3 3が形成され、かつステップA 4によって樹脂1 3 2__1に第2開口部が形成された積層体の断面図を示している。

[0 1 4 6]

[ステップA 5]

ステップA 5は、図5 Dに示した樹脂1 3 1__1に対して、開口部が形成されるステップを有する。

[0 1 4 7]

開口部が形成される範囲としては、第2開口部の内側であり、かつ導電体1 2 1 aに重畳する樹脂1 3 1__1の領域を含む範囲とする（図6 A参照）。具体的には、第2開口部の底面に位置する樹脂1 3 1__1の、第1開口部に重畳する領域と、絶縁体1 1 2に重畳する領域と、において、第1開口部の底面に位置する導電体1 2 1 aと、絶縁体1 1 2と、に達する開口部が形成される。なお、本実施の形態では、ステップA 5で形成された当該開口部を第3開口部と呼称する。

[0 1 4 8]

第3開口部の形成方法の一例としては、エッチング処理としてもよい。

[0 1 4 9]

また、第3開口部の形成方法の一例としては、酸素ガスを流入させて、当該酸素ガスをプラズマ化して行う、アッシング処理としてもよい。

[0 1 5 0]

なお、第3開口部の形成時において、樹脂1 3 2__1の一部も除去されることがある。第3開口部の形成時で、樹脂1 3 2__1の全てが除去されることを防ぐため、樹脂1 3 2__1の膜厚は、樹脂1 3 1__1の膜厚よりも厚いことが好ましい。なお、第3開口部の形成時の工程（エッチング処理、アッシング処理など）において、除去の選択比が樹脂1 3 2__1よりも樹脂1 3 1__1が高い場合、樹脂1 3 1__1と樹脂1 3 2__1の膜厚比は特に限定されない。

[0 1 5 1]

[ステップA 6]

ステップA 6は、図6 Aに示した積層体の上部、つまり、導電体1 2 1 a上、絶縁体1 1 2上、樹脂1 3 1__1上、樹脂1 3 2__1上にEL層1 4 1 Aが成膜されるステップを有する（図6 B参照）。

[0 1 5 2]

このとき、樹脂1 3 2__1の第2開口部の側面は逆テーパとなっているため、樹脂1 3 2__1の第2開口部の端部の全てには、EL層1 4 1 Aは成膜されない。つまり、成膜されたEL層1 4 1 Aは、樹脂1 3 2__1の第2開口部によって、導電体1 2 1 a上、絶縁体1 1 2上、及び樹脂1 3 1__1上の領域と、樹脂1 3 2__1上の領域と、に分断される構造となる。

[0 1 5 3]

なお、EL層1 4 1 Aの成膜時において、EL層1 4 1 Aを導電体1 2 1 a上、絶縁体1 1 2上、及び樹脂1 3 1__1上の領域と、樹脂1 3 2__1上の領域と、に分断するための、樹脂1 3 2__1の端部のテーパ角としては、例えば、95°以上であることが好ましく、100°以上であることがより好ましく、110°以上であることがより好ましく、120°以上であることがさらに好ましい。

[0 1 5 4]

なお、E L層 1 4 1 Aとしては、有機化合物を有する。また、当該有機化合物としては、図 2 A に示したとおり、一例として、正孔注入層、正孔輸送層、発光層などを備えることができる。

[0 1 5 5]

また、状況によっては、E L層 1 4 1 Aは、正孔注入層、正孔輸送層、発光層などに加えて、電子輸送層、電子注入層なども備えてもよい。

[0 1 5 6]

なお、E L層 1 4 1 Aの形成前において、図 6 Aの積層体に対して、真空中で熱処理を行ってもよい。なお、本明細書等に記載されている真空中とは、例えば、好ましくは 1.0×10^{-3} Pa以下であり、より好ましくは 1.0×10^{-5} Pa以下であり、更に好ましくは 1.0×10^{-7} Pa以下であるものとする。

[0 1 5 7]

[ステップ A 7]

ステップ A 7は、図 6 Bに示した積層体において、樹脂 1 3 1 __ 1、及び樹脂 1 3 2 __ 1 が除去されるステップを有する（図 6 C参照）。

[0 1 5 8]

樹脂 1 3 1 __ 1、及び樹脂 1 3 2 __ 1の除去方法としては、一例として、洗浄が挙げられる。また、当該洗浄に用いる液体は、樹脂 1 3 1 __ 1を可溶させる液体を用いることが好ましい。例えば、樹脂 1 3 1 __ 1が水によって可溶する場合、洗浄に用いる液体としては水を用いればよく、又は、樹脂 1 3 1 __ 1がアルコールによって可溶する場合、洗浄に用いる液体としてはアルコールを用いればよい。また、E L層 1 4 1 Aは、水、アルコールなどに対して比較的耐性が高いため、水、アルコールなどを用いることで、当該除去方法において、E L層 1 4 1 Aへのダメージを少なくすることができる。

[0 1 5 9]

上記のとおり、洗浄によって樹脂 1 3 1 __ 1を除去することによって、樹脂 1 3 1 __ 1の上部に成膜されたE L層 1 4 1 A、樹脂 1 3 2 __ 1及び樹脂 1 3 2 __ 1上に成膜されたE L層 1 4 1 Aを除去することができる。また、これにより、絶縁体 1 1 2の第1開口部の底面（導電体 1 2 1 a上）、及び絶縁体 1 1 2上の一部にE L層 1 4 1 aを形成することができる。

[0 1 6 0]

[ステップ A 8]

ステップ A 8は、図 6 Cに示した積層体の上部、つまり、絶縁体 1 1 2上、導電体 1 2 1 b上、導電体 1 2 1 c上、及びE L層 1 4 1 a上に樹脂 1 3 1 __ 2が塗布されるステップを有する。また、樹脂 1 3 1 __ 2が塗布された後は、その樹脂 1 3 1 __ 2の硬化条件に従って、樹脂 1 3 1 __ 2を硬化させる（図 6 D参照）。

[0 1 6 1]

樹脂 1 3 1 __ 2としては、例えば、E L層 1 4 1 aを溶融しない樹脂とすることが好ましい。具体的には、例えば、樹脂 1 3 1 __ 2としては、E L層 1 4 1 aを溶融させる有機溶剤を含まない樹脂とすることが好ましい。

[0 1 6 2]

また、樹脂 1 3 1 __ 2としては、上記の性質に加えて、樹脂 1 3 1 __ 1と同様の性質を有することが好ましい。例えば、樹脂 1 3 1 __ 2としては、水、アルコールなどにおいて可溶性を示す樹脂

とすることが好ましく、加えて、熱硬化性樹脂、光硬化性などの性質を有する樹脂であることが好ましい。また、樹脂 1 3 1 __ 1 が EL 層 1 4 1 a を溶解しない樹脂である場合、樹脂 1 3 1 __ 2 としては、樹脂 1 3 1 __ 1 と同様の樹脂を用いてもよい。

[0 1 6 3]

また、樹脂 1 3 1 __ 2 としては、例えば、後の工程で塗布される樹脂 1 3 2 __ 2 と溶解しない材料、又は溶解しにくい材料とすることが好ましい。

[0 1 6 4]

なお、樹脂 1 3 1 __ 2 の膜厚については、後述する。

[0 1 6 5]

[ステップ A 9]

ステップ A 9 では、図 6 D に示した積層体の上部に樹脂 1 3 2 __ 2 が塗布される（図 6 E 参照）。また、樹脂 1 3 2 __ 2 としては、例えば、樹脂 1 3 2 __ 1 と同様に、ネガ型のフォトリソトとすることが好ましい。又は、場合によっては、樹脂 1 3 2 __ 2 は、ポジ型のフォトリソトとしてもよい。

[0 1 6 6]

なお、樹脂 1 3 2 __ 2 の膜厚としては、例えば、樹脂 1 3 1 __ 2 よりも厚くすることが好ましい。具体的には、例えば、樹脂 1 3 1 __ 2 の膜厚を $1\ \mu\text{m}$ としたとき、樹脂 1 3 2 __ 2 の膜厚を $2\ \mu\text{m}$ とすることが好ましい。又は、例えば、樹脂 1 3 1 __ 2 の膜厚を $0.5\ \mu\text{m}$ としたとき、樹脂 1 3 2 __ 2 の膜厚を $1\ \mu\text{m}$ とすることが好ましい。

[0 1 6 7]

[ステップ A 10]

ステップ A 10 は、ステップ A 4 と同様に、図 6 E に示した樹脂 1 3 2 __ 2 に対して、露光工程、及び現像工程が行われるステップを有する。そのため、ステップ A 10 の説明については、ステップ A 4 の記載を参酌する。

[0 1 6 8]

これにより、図 7 A に示すとおり、図 5 D の樹脂 1 3 2 __ 1 と同様に、樹脂 1 3 2 __ 2 の開口部の側面を逆テーパにすることができる。

[0 1 6 9]

[ステップ A 11]

ステップ A 11 は、ステップ A 5 と同様に、図 7 A に示した樹脂 1 3 2 __ 1 に対して、開口部が形成されるステップを有する。そのため、ステップ A 11 の説明については、ステップ A 5 の記載を参酌する。

[0 1 7 0]

これにより、図 7 B に示すとおり、図 6 A の樹脂 1 3 1 __ 1 と同様に、樹脂 1 3 1 __ 2 に開口部を設けることができる。

[0 1 7 1]

[ステップ A 12]

ステップ A 12 は、図 7 B に示した積層体の上部、つまり、導電体 1 2 1 b 上、絶縁体 1 1 2 上、樹脂 1 3 1 __ 2 上、樹脂 1 3 2 __ 2 上に EL 層 1 4 1 B が成膜されるステップを有する（図 7 C 参照）。

[0172]

このとき、樹脂132__2の開口部の側面は逆テーパとなっているため、ステップA6と同様に、EL層141Bは、導電体121b上、絶縁体112上、及び樹脂131__2上の領域と、樹脂132__2上の領域と、に分断されるように成膜される。

[0173]

なお、EL層141Bとしては、有機化合物を有する。また、当該有機化合物としては、図2Aに示したとおり、一例として、正孔注入層、正孔輸送層、発光層などを備えることができる。

[0174]

また、状況によっては、EL層141Bは、正孔注入層、正孔輸送層、発光層などに加えて、電子輸送層、電子注入層なども備えてもよい。

[0175]

また、EL層141Bが有する発光層が呈する色としては、EL層141Aが有する発光層が呈する色と異なる色とすることが好ましい。

[0176]

なお、EL層141Bの形成前において、図7Bの積層体に対して、真空下で熱処理を行ってもよい。なお、当該熱処理の条件としては、ステップA6で説明した熱処理と同様の条件とすることができる。

[0177]

[ステップA13]

ステップA13は、ステップA7と同様に、図7Cに示した積層体において、樹脂131__2、及び樹脂132__2が除去されるステップを有する（図7D参照）。そのため、ステップA13の説明については、ステップA7の記載を参酌する。

[0178]

これにより、樹脂131__2を除去することによって、樹脂131__2の上部に成膜されたEL層141B、樹脂132__2、及び樹脂132__2上に成膜されたEL層141Bを除去することができる。また、これにより、導電体121b上、及び絶縁体112上の一部にEL層141bを形成することができる。

[0179]

[ステップA14]

ステップA14は、ステップA2乃至ステップA7、又はステップA8乃至ステップA13と同様の作製工程が行われて、導電体121c上、及び絶縁体112上の一部にEL層141cが形成されるステップを有する（図7E参照）。

[0180]

なお、EL層141cとしては、例えば、有機化合物を有する。また、当該有機化合物としては、図2Aに示したとおり、一例として、正孔注入層、正孔輸送層、発光層などを備えることができる。

[0181]

また、状況によっては、EL層141cは、正孔注入層、正孔輸送層、発光層などに加えて、電子輸送層、電子注入層なども備えてもよい。

[0182]

また、EL層141cが有する発光層が呈する色としては、EL層141A、及びEL層141

Bが有する発光層が呈する色と異なる色とすることが好ましい。

[0183]

なお、EL層141cの形成後、図7Eの積層体に対して、真空下で熱処理を行ってもよい。なお、当該熱処理の条件としては、ステップA6で説明した熱処理と同様の条件とすることができる。

[0184]

[ステップA15]

ステップA15は、図7Eに示した積層体の上部、つまり、絶縁体112上、EL層141a上、EL層141b上、及びEL層141c上にEL層142が形成されるステップを有する（図8A参照）。

[0185]

EL層142は、例えば、図2Aの発光デバイス150における層4420に相当し、有機化合物を含む層とすることができる。つまり、EL層142は、例えば電子注入性の高い物質を含む層（電子注入層）および電子輸送性の高い物質を含む層（電子輸送層）などを有することができる。

[0186]

[ステップA16]

ステップA16は、図8Aに示した積層体の上部に、導電体122が形成されるステップを有する（図8B参照）。

[0187]

導電体122は、一例として、表示装置100が備えている発光デバイス150a、発光デバイス150b、及び発光デバイス150cのカソードとして機能する。つまり、導電体122が発光デバイス150a、発光デバイス150b、及び発光デバイス150cのカソードとして機能する場合、導電体122は、共通電極として機能する。

[0188]

導電体122としては、導電性が高く、且つ透光性及び光反射性を有する材料（半透過・半反射電極と呼ばれる場合がある）であることが好ましい。導電体122としては、例えば、銀とマグネシウムの合金、インジウム錫酸化物を適用することができる。

[0189]

なお、導電体122として、銀とマグネシウムの合金を適用する場合、導電体122の膜厚は、銀とマグネシウムの体積比を1:0.1として、20nmとすることが好ましく、15nmとすることがより好ましい。

[0190]

また、電気伝導性を高めるため、また、外界からの成分の進入を防ぐため、導電体122の上部に導電体、絶縁体などを設けてもよい。例えば、導電体122に上述した銀とマグネシウムの合金を適用した場合、導電体122の上部に設ける導電体としては、インジウム錫酸化物、インジウム－ガリウム－亜鉛酸化物などを適用することができる。

[0191]

[ステップA17]

ステップA17は、図8Bに示した積層体の上部に、絶縁体113が形成されるステップを有する（図8C参照）。

[0192]

絶縁体 113 は、表示装置 100 の発光デバイス 150 a、発光デバイス 150 b、及び発光デバイス 150 c を保護するパッシベーション膜（保護層と呼ぶ場合がある）として機能する。そのため、絶縁体 113 は、水などの進入を防ぐ材料であることが好ましい。絶縁体 113 としては、例えば、絶縁体 111 に適用できる材料を用いることができる。具体的には、酸化アルミニウム、窒化シリコン、窒化酸化シリコンなどを用いることができる。

[0193]

また、保護層として機能する絶縁体 113 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、上述した、酸化アルミニウム、窒化シリコン、窒化酸化シリコンに加えて、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、酸化窒化アルミニウム、酸化ハフニウムなどの酸化物膜または窒化物膜が挙げられる。または、絶縁体 113 としてインジウムガリウム酸化物、インジウムガリウム亜鉛酸化物などの半導体材料を用いてもよい。なお、絶縁体 113 としては、ALD (Atomic Layer Deposition) 法、CVD (Chemical Vapor Deposition) 法、スパッタリング法などから選ばれた一又は複数の方法を用いて形成すればよい。なお、絶縁体 113 として、無機絶縁膜を含む構成について例示したがこれに限定されない。例えば、絶縁体 113 として、無機絶縁膜と、有機絶縁膜との積層構造としてもよい。

[0194]

[ステップ A18]

ステップ A18 は、図 8C に示した積層体の上部に、樹脂層 161 が塗布されるステップを有する。また、ステップ A18 は、その後に、当該積層体の樹脂層 161 上に基板 102 の貼り合わせが行われるステップを有する（図 8D 参照）。

[0195]

樹脂層 161 としては、例えば、透光性を有する樹脂を用いることが好ましい。また、樹脂層 161 としては、上記の透光性に加えて、反応硬化型接着剤、光硬化型接着剤、熱硬化型接着剤または／および嫌気型接着剤等の有機材料などとすることが好ましい。具体的には、例えば、樹脂層 161 には、エポキシ樹脂、アクリル樹脂、シリコーン樹脂、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）樹脂等を含む接着剤などを用いることができる。

[0196]

基板 102 としては、例えば、基板 101 に適用できる基板のうち、透光性を有する基板を適用する。基板 102 に、透光性を有する基板を用いることで、発光デバイス 150 a、発光デバイス 150 b、及び発光デバイス 150 c において発光する光を基板 102 の上方に射出することができる。

[0197]

本発明の一態様の表示装置、及び当該表示装置の作製方法は、上記の内容に限定されない。本発明の一態様の表示装置、及び当該表示装置の作製方法は、状況に応じて、その構成を変更してもよい。

[0198]

例えば、表示装置 100 の構成としては、発光デバイス 150 が発光する色の数を 2 色としてもよい。表示装置 100 に含まれる発光デバイス 150 が発光する色の数を 2 色とする場合、例えば、

表示装置100の作製方法としては、ステップA4及びステップA5において、形成される第2開口部、第3開口部を、導電体121aに重畳する領域だけでなく、導電体121cに重畳する領域にも形成し、ステップA6で、導電体121a上、及び導電体121c上にEL層141Aを成膜すればよい。また、その後、ステップA14を省略して、ステップA7乃至ステップA13、ステップA15乃至ステップA18の工程を行えばよい。

[0199]

また、例えば、表示装置100の構成としては、発光デバイス150が発光する色の数を4色以上としてもよい。表示装置100に含まれる発光デバイス150が発光する色の数を4色以上とする場合、例えば、ステップA14を行った後に、EL層141が上面に形成されていない導電体121に対して、ステップA14と同様の工程を行えばよい。

[0200]

また、例えば、表示装置100の構成としては、ステップA1で上述したとおり、絶縁体112を、1層目を有機材料の絶縁体とし、2層目を無機材料の絶縁体とした多層構造としてもよい。図9Aには、一例として、絶縁体112aを有機材料の絶縁体とし、絶縁体112bを無機材料の絶縁体として、絶縁体112a、及び絶縁体112bを含む絶縁体112を多層構造とした、表示装置100の一部の断面図を図示している。

[0201]

なお、当該有機材料としては、例えば、ポリイミドなどを用いることができ、当該無機材料としては、図1の表示装置100に備わる絶縁体112、図8Dに示す絶縁体112などに適用できる材料を用いることができる。

[0202]

また、例えば、表示装置100の構成としては、絶縁体113は1層ではなく、2層以上の積層構造としてもよい。絶縁体113は、例えば、1層目として無機材料の絶縁体を適用し、2層目として有機材料の絶縁体を適用し、3層目として無機材料の絶縁体を適用した、3層の積層構造としてもよい。図9Bには、絶縁体113aを無機材料の絶縁体とし、絶縁体113bを有機材料の絶縁体とし、絶縁体113cを無機材料の絶縁体として、絶縁体113a、絶縁体113b、及び絶縁体113cを含む絶縁体113を多層構造とした、表示装置100の一部の断面図を図示している。

[0203]

また、例えば、表示装置100の構成としては、EL層141a、EL層141b、及びEL層141cのそれぞれに、電子輸送層、電子注入層が含まれていてもよい。つまり、表示装置100において、EL層141a、EL層141b、及びEL層141cのそれぞれに、電子輸送層、電子注入層が含まれている場合には、EL層142を設けなくてもよい。別言すると、ステップA15は省略してもよい。図9Cには、EL層141a、EL層141b、及びEL層141cのそれぞれに、電子輸送層、電子注入層が含まれている場合の表示装置100の一部の断面図を示している。

[0204]

また、例えば、表示装置100の構成としては、EL層141a乃至EL層141cのそれぞれにマイクロキャビティ構造（微小共振器構造）を設けてもよい。マイクロキャビティ構造とは、例えば、上部電極（共通電極）である導電体122として透光性及び光反射性を有する導電材料を用

い、下部電極（画素電極）である導電体 1 2 1 として光反射性を有する導電材料を用いて、発光層の下面と下部電極の上面との距離、つまり図 2 A における層 4 4 3 0 の膜厚を、E L 層 1 4 1 に含まれる発光層が発光する光の色の波長に応じた厚さにする構造を指す。

[0 2 0 5]

例えば、下部電極によって反射されて戻ってきた光（反射光）は、発光層から上部電極に直接入射する光（入射光）と大きな干渉を起こすため、下部電極と発光層の光学的距離を $(2n-1)\lambda/4$ （ただし、 n は 1 以上の自然数、 λ は増幅したい発光の波長）に調節することが好ましい。当該光学的距離を調節することにより、波長 λ のそれぞれの反射光と入射光との位相を合わせ発光層からの発光をより増幅させることができる。一方で、反射光と入射光とが波長 λ 以外である場合、位相が合わなくなるため、共振せずに減衰する。

[0 2 0 6]

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

[0 2 0 7]

マイクロキャビティ構造を有することで、特定波長の正面方向の発光強度を強めることが可能となるため、低消費電力化を図ることができる。特に、VR、AR などの XR 向けの機器の場合、機器を装着しているユーザの眼には、発光デバイスの正面方向の光が入射される場合が多いため、XR 向けの機器の表示装置にマイクロキャビティ構造を設けることは好適であるといえる。なお、赤、黄、緑、青の 4 色の副画素で映像を表示する表示装置の場合、黄色発光による輝度向上効果のうえ、全副画素において各色の波長に合わせたマイクロキャビティ構造を適用できるため良好な特性の表示装置とすることができる。

[0 2 0 8]

図 1 0 A には、一例として、マイクロキャビティ構造を設けた場合の表示装置 1 0 0 の一部の断面図を示している。また、発光デバイス 1 5 0 a が青色（B）の発光を呈する発光層を有し、発光デバイス 1 5 0 b が緑色（G）の発光を呈する発光層を有し、発光デバイス 1 5 0 c が赤色（R）の発光を呈する発光層を有する場合、図 1 0 A に示すとおり、E L 層 1 4 1 a、E L 層 1 4 1 b、E L 層 1 4 1 c の順に膜厚を厚くすることが好ましい。具体的には、E L 層 1 4 1 a、E L 層 1 4 1 b、及び E L 層 1 4 1 c のそれぞれに含まれている層 4 4 3 0 の膜厚を、それぞれの発光層が呈する発光の色に応じて決めればよい。この場合、E L 層 1 4 1 a に含まれている層 4 4 3 0 が一番薄くなり、E L 層 1 4 1 c に含まれている層 4 4 3 0 が一番厚くなる。

[0 2 0 9]

また、例えば、表示装置 1 0 0 の構成としては、着色層（カラーフィルタ）などが含まれていてもよい。図 1 0 B には、一例として、樹脂層 1 6 1 と基板 1 0 2 との間に着色層 1 6 2 a、着色層 1 6 2 b、及び着色層 1 6 2 c が含まれている構成を示している。なお、着色層 1 6 2 a 乃至着色層 1 6 2 c は、例えば、基板 1 0 2 に形成することができる。また、発光デバイス 1 5 0 a が青色（B）の発光を呈する発光層を有し、発光デバイス 1 5 0 b が緑色（G）の発光を呈する発光層を有し、発光デバイス 1 5 0 c が赤色（R）の発光を呈する発光層を有する場合、着色層 1 6 2 a を青色とし、着色層 1 6 2 b を緑色とし、着色層 1 6 2 c を赤色としている。

[0210]

図10Bに示す表示装置100は、着色層162a乃至着色層162cが設けられた基板102を、樹脂層161を介して、発光デバイス150a乃至発光デバイス150cまで形成された基板101に貼り合わせることで、構成することができる。このとき、発光デバイス150aと着色層162aとが重畳し、発光デバイス150bと着色層162bとが重畳し、発光デバイス150cと着色層162cとが重畳するように貼り合わせることを好ましい。表示装置100に着色層162a乃至着色層162cを設けることによって、例えば、発光デバイス150bが発光した光は、着色層162a、又は着色層162cを介して、基板102の上方に射出されず、着色層162bを介して、基板102の上方に射出される。つまり、表示装置100の発光デバイス150からの斜め方向（基板102の上面を水平面としたときの仰角の方向）の光を遮断することができるため、表示装置100の視野角における依存性を低くすることができ、表示装置100に表示される画像を斜めから見たときの、当該画像の表示品位の低下を防ぐことができる。

[0211]

また、基板102に形成されている着色層162a乃至着色層162cは、オーバーコート層と呼ばれる樹脂などによって覆われていてもよい。具体的には、表示装置100は、樹脂層161、当該オーバーコート層、着色層162a乃至着色層162c、基板102の順に積層されていてもよい（図示しない）。なお、オーバーコート層に用いられる樹脂としては、例えば、透光性を有し、且つアクリル樹脂またはエポキシ樹脂をベースとした熱硬化性材料等が挙げられる。

[0212]

また、例えば、表示装置100の構成としては、着色層に加えて、ブラックマトリクスも含まれていてもよい。図10Cには、図10Bの表示装置100において、ブラックマトリクス163を設けた構成例を示している。ブラックマトリクス163を設けることにより、表示装置100の発光デバイス150からの斜め方向（基板102の上面を水平面としたときの仰角の方向）の光をより遮断することができるため、表示装置100に表示される画像を斜めから見たときの、当該画像の表示品位の低下をより防ぐことができる。

[0213]

また、図10B、図10Cなどのように、表示装置に着色層を有する場合、表示装置が備える発光デバイス150a乃至発光デバイス150cは、いずれも白色の光を呈する発光デバイスとしてもよい（図示しない）。また、当該発光デバイスは、例えば、シングル構造、タンデム構造とすることができる。

[0214]

また、例えば、表示装置100の構成としては、導電体121a乃至導電体121c上に形成される絶縁体112を設けない構成としてもよい。図11Aには、図1、図8Dなどの表示装置において、絶縁体112を設けていない構成例を示している。また、例えば、表示装置100の構成としては、導電体121a乃至導電体121cは、絶縁体111に埋め込まれている構成としてもよい。図11Bには、絶縁体111に導電体121a乃至導電体121cが埋め込まれている表示装置の構成例を示している。なお、当該構成は、一例として、絶縁体111に導電体121a乃至導電体121cを埋め込むための開口部を形成して、次に導電体121a乃至導電体121cとなる導電膜を成膜し、その後に、絶縁体111が露出するまで、化学機械研磨（CMP）を行えばよい。

[0215]

また、上述した表示装置100の構成は、導電体121a乃至導電体121cをアノードとし、導電体122をカソードとしたが、表示装置100は、導電体121a乃至導電体121cをカソードとし、導電体122をアノードとした構成としてもよい。つまり、上記で説明した作製工程において、EL層141a乃至EL層141c、及びEL層142に含まれている、正孔注入層、正孔輸送層、発光層、電子輸送層、電子注入層の積層順を逆にしてもよい。

[0216]

なお、本明細書等で開示された、絶縁体、導電体、半導体などは、PVD (Physical Vapor Deposition) 法、CVD法により形成することができる。PVD法としては、例えば、スパッタリング法、抵抗加熱蒸着法、電子ビーム蒸着法、PLD (Pulsed Laser Deposition) 法などが挙げられる。また、CVD法として、プラズマCVD法、熱CVD法を用いて形成などが挙げられる。特に、熱CVD法としては、例えば、MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 法、ALD法などが挙げられる。

[0217]

熱CVD法は、プラズマを使わない成膜方法のため、プラズマダメージにより欠陥が生成されることが無いという利点を有する。

[0218]

熱CVD法は、原料ガスと酸化剤を同時にチャンバー内に送り、チャンバー内を大気圧または減圧下とし、基板近傍または基板上で反応させて基板上に堆積させることで成膜を行ってもよい。

[0219]

また、ALD法は、チャンバー内を大気圧または減圧下とし、反応のための原料ガスが順次にチャンバーに導入され、そのガス導入の順序を繰り返すことで成膜を行ってもよい。例えば、それぞれのスイッチングバルブ（高速バルブとも呼ぶ）を切り替えて2種類以上の原料ガスを順番にチャンバーに供給し、複数種の原料ガスが混ざらないように第1の原料ガスと同時またはその後に不活性ガス（アルゴン、或いは窒素など）などを導入し、第2の原料ガスを導入する。なお、同時に不活性ガスを導入する場合には、不活性ガスはキャリアガスとなり、また、第2の原料ガスの導入時にも同時に不活性ガスを導入してもよい。また、不活性ガスを導入する代わりに真空排気によって第1の原料ガスを排出した後、第2の原料ガスを導入してもよい。第1の原料ガスが基板の表面に吸着して第1の薄い層を成膜し、後から導入される第2の原料ガスと反応して、第2の薄い層が第1の薄い層上に積層されて薄膜が形成される。このガス導入順序を制御しつつ所望の厚さになるまで複数回繰り返すことで、段差被覆性に優れた薄膜を形成することができる。薄膜の厚さは、ガス導入順序を繰り返す回数によって調節することができるため、精密な膜厚調節が可能であり、微細なFETを作製する場合に適している。

[0220]

MOCVD法、ALD法などの熱CVD法は、これまでに記載した実施形態に開示された金属膜、半導体膜、無機絶縁膜など様々な膜を形成することができ、例えば、In-Ga-Zn-O膜を成膜する場合には、トリメチルインジウム ($\text{In}(\text{CH}_3)_3$)、トリメチルガリウム ($\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$)、及びジメチル亜鉛 ($\text{Zn}(\text{CH}_3)_2$) を用いる。また、これらの組み合わせに限定されず、トリメチルガリウムに代えてトリエチルガリウム ($\text{Ga}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$) を用いることもでき、ジメチル亜鉛に代えてジエチル亜鉛 ($\text{Zn}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$) を用いることもできる。

[0221]

例えば、ALDを利用する成膜装置により酸化ハフニウム膜を形成する場合には、溶媒とハフニウム前駆体化合物を含む液体（ハフニウムアルコキシド、テトラキスジメチルアミドハフニウム（TDMAH、 $\text{Hf}[\text{N}(\text{CH}_3)_2]_4$ ）などのハフニウムアミド）を気化させた原料ガスと、酸化剤としてオゾン（ O_3 ）の2種類のガスを用いる。また、他の材料としては、テトラキス（エチルメチルアミド）ハフニウムなどがある。

[0222]

例えば、ALDを利用する成膜装置により酸化アルミニウム膜を形成する場合には、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-テトラメチルー3, 5-ヘプタンジオナート）などがある。

[0223]

例えば、ALDを利用する成膜装置により酸化シリコン膜を形成する場合には、ヘキサクロロジシランを被成膜面に吸着させ、酸化性ガス（ O_2 、一酸化二窒素）のラジカルを供給して吸着物と反応させる。

[0224]

例えば、ALDを利用する成膜装置によりタングステン膜を成膜する場合には、 WF_6 ガスと B_2H_6 ガスを順次繰り返し導入して初期タングステン膜を形成し、その後、 WF_6 ガスと H_2 ガスを順次繰り返し導入してタングステン膜を形成する。なお、 B_2H_6 ガスに代えて SiH_4 ガスを用いてもよい。

[0225]

例えば、ALDを利用する成膜装置により酸化物半導体膜として In-Ga-Zn-O 膜を成膜する場合には、プリカーサ（一般的には、前駆体、金属プリカーサなどと呼ばれる場合がある）と酸化剤（一般的には、反応剤、リアクタント、非金属プリカーサなどと呼ばれる場合がある）を順次繰り返し導入して形成する。具体的には、例えば、プリカーサである $\text{In}(\text{CH}_3)_3$ ガスと酸化剤である O_3 ガスを導入して In-O 層を形成し、その後、プリカーサである $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ ガスと酸化剤である O_3 ガスを導入して Ga-O 層を形成し、更にその後プリカーサである $\text{Zn}(\text{CH}_3)_2$ ガスと酸化剤である O_3 ガスを導入して Zn-O 層を形成する。なお、これらの層の順番はこの例に限らない。また、これらのガスを用いて In-Ga-O 層、 In-Zn-O 層、 Ga-Zn-O 層などの混合酸化物層を形成しても良い。なお、 O_3 ガスに替えて Ar 等の不活性ガスで水をバブリングして得られた H_2O ガスを用いても良いが、 H を含まない O_3 ガスを用いる方が好ましい。また、 $\text{In}(\text{CH}_3)_3$ ガスにかえて、 $\text{In}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ ガスを用いても良い。また、 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ ガスにかえて、 $\text{Ga}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ ガスを用いても良い。また、 $\text{Zn}(\text{CH}_3)_2$ ガスを用いても良い。

[0226]

<表示装置の作製方法2>

次に、図5A乃至図8Dに示した表示装置100の作製方法とは異なる、本発明の一態様の表示装置の作製方法について説明する。なお、当該作製方法によって完成された表示装置も本発明の一態様である。

[0227]

図12A乃至図13Dは、本発明の一態様の表示装置の作製方法の一例を示した断面図である。なお、本実施の形態では、当該作製方法は、一例として、ステップB1乃至ステップB8を有するものとして、説明する。また、当該作製方法において、上述した図5A乃至図8Dに示した表示装置100の作製方法と内容が重複する箇所については、その説明を省略する。

[0228]

[ステップB1]

ステップB1では、図12Aに示すとおり、絶縁体111と、絶縁体111上に設けられた導電体121a乃至導電体121cと、絶縁体111上及び導電体121a乃至導電体121c上に設けられた絶縁体112と、が形成された積層体を準備する。なお、図12Aに示す積層体は、絶縁体112に、絶縁体112の導電体121a乃至導電体121cと重畳しない領域において開口部KKBが形成されている点で、図5Aに示す積層体と異なっている。なお、絶縁体111の下方には、図5A乃至図8Dの作製例と同様に、図1に示すとおり、トランジスタ、配線、層間膜などが設けられているものとする（図12A乃至図13Dには図示しない）。

[0229]

なお、開口部KKBの形成は、例えば、絶縁体112となる絶縁膜に第1開口部を形成するときと同時に行うことができる。また、開口部KKBのテーパ角を調整したい場合、特に、第1開口部のテーパ角と異なる角度にしたい場合、絶縁体112となる絶縁膜への第1開口部と開口部KKBの形成は、2段階に分けて、パターニング工程、エッチング工程などを行えばよい。また、この場合、絶縁体112となる絶縁膜に開口部KKBを形成するときにおいて、異方性エッチング処理を行うことによって、第1開口部のテーパ角よりも大きくすることができる。一例としては、開口部KKBのテーパ角としては60°以上であることが好ましく、80°以上であることがより好ましい。また、開口部KKBのテーパ角は、90°以上としてもよい。

[0230]

上記より、ステップB1は、絶縁体111上に導電体121a乃至導電体121cが形成されるステップと、絶縁体111上と、導電体121a上と、導電体121b上と、導電体121c上と、に絶縁膜が成膜されるステップと、当該絶縁膜の導電体121a、導電体121b上、及び導電体121cのそれぞれに重畳する領域に開口部が形成されるステップと、を有する。さらに、ステップB1は、開口部KKBが形成されるステップを有する。

[0231]

[ステップB2]

ステップB2では、図5BのステップA2、及び図5CのステップA3と同様の工程が行われる。つまり、図12Aに示した積層体の上部、つまり、絶縁体111上、絶縁体112上、及び導電体121a乃至導電体121c上に、樹脂131__1と、樹脂132__1と、が順に形成される（図12B参照）。

[0232]

[ステップB3]

ステップB3では、図5DのステップA4、及び図6AのステップA5と同様の工程が行われる。つまり、図12Bに示した積層体において、樹脂132__1に第2開口部が形成され、樹脂131__1に第3開口部が形成される（図12C参照）。

[0233]

具体的には、ステップB 3では、図1 2 Bに示した積層体に対して、露光工程、及び現像工程が行われる（図5 DのステップA 4に相当する）。例えば、樹脂1 3 2__1をネガ型のフォトレジストとしたとき、当該露光工程において、樹脂1 3 2__1に対する露光範囲としては、例えば、導電体1 2 1 aと導電体1 2 1 aの周辺の開口部K K Bとに重畳しない樹脂1 3 2__1の領域を含む範囲とする。これにより、その後の現像工程によって、樹脂1 3 2__1の導電体1 2 1 aに重畳する領域（露光されていない領域）において、樹脂1 3 1__1に達する第2開口部を形成することができる。

[0 2 3 4]

また、樹脂1 3 2__1の第2開口部の側面は、図5 Dの積層体の樹脂1 3 2__1と同様に、逆テーパ構造になっているものとする。

[0 2 3 5]

また、上述した現像工程において使われる現像液などの薬液によって、樹脂1 3 2__1が当該薬液に溶けてしまう場合、図5 Eに示す積層体と同様に、図1 2 Bに示す積層体の形成において、樹脂1 3 1__1と樹脂1 3 2__2との間に、当該薬液の耐性を有する保護層を設けてもよい。

[0 2 3 6]

また、ステップB 3は、第2開口部が形成された後に、第2開口部の底面を含む領域にエッチング処理、アッシング処理などを行って、樹脂1 3 1__1に対して、絶縁体1 1 2、導電体1 2 1 aを露出させるための第3開口部を形成する工程が行われるステップを有する（図6 AのステップA 5に相当する）。

[0 2 3 7]

また、このとき、樹脂1 3 1__1の第3開口部は、開口部K K Bの内側に樹脂1 3 1__1の第3開口部の側面が含まれるように形成される。例えば、樹脂1 3 1__1の第3開口部の側面は、開口部K K Bの底面である絶縁体1 1 1上に位置することが好ましい。又は、樹脂1 3 1__1の第3開口部の側面は、例えば、開口部K K Bの側面上、つまり絶縁体1 1 2の側面を含む領域に位置してもよい。又は、樹脂1 3 1__1の第3開口部の側面は、例えば、図1 2 Dに示すとおり、樹脂1 3 1__1が開口部K K Bの底面である絶縁体1 1 1上に位置せず、かつ開口部K K Bの側面上と絶縁体1 1 2の上面の境界、またはその近傍に位置してもよい。

[0 2 3 8]

[ステップB 4]

ステップB 4では、図6 BのステップA 6と同様の工程が行われる。つまり、図1 2 Cに示した積層体の上部、つまり、絶縁体1 1 1上、導電体1 2 1 a上、絶縁体1 1 2上、樹脂1 3 1__1上、樹脂1 3 2__1上にEL層1 4 1 Aが成膜される（図1 2 E参照）。

[0 2 3 9]

このとき、樹脂1 3 2__1の第2開口部の端部は逆テーパとなっているため、樹脂1 3 2__1の第2開口部の端部の全てには、EL層1 4 1 Aは成膜されない。つまり、成膜されたEL層1 4 1 Aは、樹脂1 3 2__1の第2開口部によって、導電体1 2 1 a上、絶縁体1 1 2上、及び樹脂1 3 1__1上の領域と、樹脂1 3 2__1上の領域と、に分断される構造となる。

[0 2 4 0]

さらに、図1 2 Cに示す表示装置1 0 0には絶縁体1 1 2に開口部K K Bが形成されているため、EL層1 4 1 Aは、開口部K K Bの端部、及び底面に形成される。特に、開口部K K Bの側面が急

峻であるほど、後のステップB 5において、樹脂1 3 1__1上のEL層1 4 1 Aを除去しやすくなる。又は、ステップB 1において、開口部KK Bのテーパ角を、例えば、9 0°以上に形成することによって、本ステップにおいて、EL層1 4 1 Aを絶縁体1 1 2上の領域と、樹脂1 3 1__1上の領域と、に分断することができる場合がある。

[0 2 4 1]

[ステップB 5]

ステップB 5では、図6 CのステップA 7と同様の工程が行われる。つまり、図1 2 Eに示した積層体において、樹脂1 3 1__1、及び樹脂1 3 2__1が除去される（図1 3 A参照）。

[0 2 4 2]

これにより、絶縁体1 1 2上の一部、及び導電体1 2 1 a上に、EL層1 4 1 aが形成される。また、このとき、場合によっては、絶縁体1 1 1上にもEL層1 4 1 aが形成される場合がある。

[0 2 4 3]

[ステップB 6]

ステップB 6では、ステップA 8乃至ステップA 1 4と同様の工程が行われる。これにより、絶縁体1 1 2上の一部、及び導電体1 2 1 b上に、EL層1 4 1 bが形成される。また、このとき、場合によっては、絶縁体1 1 1上にもEL層1 4 1 bが形成される場合がある。また、同様に、絶縁体1 1 2上の一部、及び導電体1 2 1 c上に、EL層1 4 1 cが形成される（図1 3 B参照）。また、このとき、場合によっては、絶縁体1 1 1上にもEL層1 4 1 cが形成される場合がある。

[0 2 4 4]

[ステップB 7]

ステップB 7では、ステップA 1 5乃至ステップA 1 7と同様の工程が行われる。つまり、図1 3 Bに示した積層体において、EL層1 4 2、導電体1 2 2、絶縁体1 1 3が順に形成される（図1 3 C参照）。

[0 2 4 5]

[ステップB 8]

ステップB 8では、ステップA 1 8と同様の工程が行われる。つまり、図1 3 Cに示した積層体において、樹脂層1 6 1を介して、基板1 0 2が貼り合わされる（図1 3 D参照）。

[0 2 4 6]

上述したとおり、ステップB 1乃至ステップB 8の作製方法を行うことで、本発明の一態様の表示装置を作製することができる。また、上記の説明のとおり、絶縁体1 1 2に開口部KK Bを設けることにより、樹脂1 3 1__1、樹脂1 3 2__1の除去において、EL層1 4 1 aを分断しやすいため、表示装置の作製における、歩留まりを高くすることができる。

[0 2 4 7]

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は、上述した構成に限定されない。例えば、本発明の一態様の表示装置は、ステップB 1乃至ステップB 8で作製される表示装置に、図9 A乃至図1 0 Cなどに示されている表示装置の構成を組み合わせた構成としてもよい。また、例えば、本発明の一態様の表示装置の作製方法は、ステップB 1乃至ステップB 8の作製方法に、図9 A乃至図1 0 Cなどの表示装置を構成するためのステップを組み合わせた作製方法としてもよい。

[0 2 4 8]

また、例えば、上述のステップB 1乃至ステップB 8では、絶縁体1 1 2に形成される開口部K K Bの深さは、絶縁体1 1 1に達する程度としたが、図1 4 Aに示すとおり、開口部K K Bの深さは、絶縁体1 1 1に達しない程度の深さとしてもよい。又は、図1 4 Bに示すとおり、開口部K K Bの深さは、絶縁体1 1 2を貫通し、絶縁体1 1 1の内部にまで達する程度の深さとしてもよい。

[0 2 4 9]

本実施の形態で説明した作製方法によって表示装置を作製することによって、画素間のピッチ幅を狭くすることができる。これにより、表示装置において、定められたサイズで、画素を多く設けることができるため、表示装置の解像度を大きくすることができる。また、ピッチ幅を狭くすることにより、例えば、メタルマスク等のシャドーマスクを用いた場合と比較して、高い開口率の表示装置を実現することができる。

[0 2 5 0]

また、本実施の形態で説明した作製方法では、フォトリソグラフィではなく、犠牲層とレジストで形成したマスクによって有機E L材料をパターンニングして形成するため、フォトリソグラフィで用いる薬液などを起因とする、有機E L材料へのダメージを無くすることができる。これにより、有機E L材料の寿命を延ばすことができ、発光デバイスの信頼性を高くすることができる。

[0 2 5 1]

また、上述した作製方法によって作製された表示装置は、隣り合う発光デバイスにおいて発光層が互いに接しない構成となっているため、隣接する2つのE L層1 4 1を介して電流が流れ、意図しない発光が生じること（クロストークともいう）を好適に防ぐことができる。そのため、コントラストを高めることができ、表示品位の高い表示装置を実現できる。また、上述した作製方法によって作製された表示装置は、S B S構造を有するため、表示装置の動作による消費電力を低く抑えることができる。

[0 2 5 2]

また、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、特に限定はない。例えば、表示装置としては、1 : 1（正方形）、4 : 3、1 6 : 9、1 6 : 1 0など様々な画面比率に対応することができる。

[0 2 5 3]

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

[0 2 5 4]

（実施の形態2）

本実施の形態では、上記実施の形態で説明した表示装置に備えることができるO Sトランジスタについて説明する。

[0 2 5 5]

図1 5 A、及び図1 5 Bは、上記の実施の形態の表示装置に備えることができるO Sトランジスタの構成例の一例である。なお、図1 5 Aは、O Sトランジスタのチャンネル長方向における断面図であって、図1 5 Bは、O Sトランジスタのチャンネル幅方向における断面図である。

[0 2 5 6]

O Sトランジスタであるトランジスタ5 0 0は、一例として、絶縁体5 1 2上に設けられている。絶縁体5 1 2は、酸素、水素に対してバリア性のある物質を用いることが好ましい。

[0 2 5 7]

また、絶縁体 5 1 2 としては、例えば、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、酸化窒化アルミニウム、窒化酸化アルミニウム、窒化アルミニウムなどを用いればよい。

[0 2 5 8]

また、絶縁体 5 1 2 としては、絶縁体 5 1 2 よりも下方に設けられている回路素子、配線などによって生じる段差を平坦化する平坦化膜としての機能を有してもよい。例えば、絶縁体 5 1 2 の上面は、平坦性を高めるために化学機械研磨（CMP）法等を用いた平坦化処理により平坦化されている。

[0 2 5 9]

また、図 1 5 A、及び図 1 5 B に示すように、絶縁体 5 1 2 上には、絶縁体 5 1 4、及び絶縁体 5 1 6 が形成されている。

[0 2 6 0]

絶縁体 5 1 4 には、基板 1 0 1、又は絶縁体 5 1 2 よりも下方の回路素子等が設けられる領域などから、トランジスタ 5 0 0 が設けられている領域に、水素、不純物が拡散しないようなバリア性を有する膜を用いることが好ましい。したがって、絶縁体 5 1 4 には、例えば、CVD 法で形成した窒化シリコンを用いることができる。

[0 2 6 1]

水素に対するバリア性を有する膜の一例として、CVD 法で形成した窒化シリコンを用いることができる。ここで、絶縁体 5 1 4 より上方に設けられている回路素子、すなわち OS トランジスタであるトランジスタ 5 0 0 に、水素が拡散することで、当該 OS トランジスタの特性が低下する場合がある。このため、当該 OS トランジスタと、基板 1 0 1、又は基板 1 0 1 の上方に形成される回路素子との間に、水素の拡散を抑制する膜を用いることが好ましい。水素の拡散を抑制する膜とは、具体的には、水素の脱離量が少ない膜とする。

[0 2 6 2]

水素の脱離量は、例えば、昇温脱離ガス分析法（TDS）などを用いて分析することができる。例えば、絶縁体 5 1 4 の水素の脱離量は、TDS 分析において、膜の表面温度が 5 0 °C から 5 0 0 °C の範囲において、水素原子に換算した脱離量が、絶縁体 5 1 4 の面積当たりに換算して、 $1.0 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^2$ 以下、好ましくは $5 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^2$ 以下であればよい。

[0 2 6 3]

また、絶縁体 5 1 6 としては、例えば、絶縁体 5 1 2 と同様の材料を用いることができる。

[0 2 6 4]

図 1 5 A、及び図 1 5 B に示すように、トランジスタ 5 0 0 は、絶縁体 5 1 4 上の絶縁体 5 1 6 と、絶縁体 5 1 4 または絶縁体 5 1 6 に埋め込まれるように配置された導電体 5 0 3（導電体 5 0 3 a、および導電体 5 0 3 b）と、絶縁体 5 1 6 上、および導電体 5 0 3 上の絶縁体 5 2 2 と、絶縁体 5 2 2 上の絶縁体 5 2 4 と、絶縁体 5 2 4 上の酸化物 5 3 0 a と、酸化物 5 3 0 a 上の酸化物 5 3 0 b と、酸化物 5 3 0 b 上の導電体 5 4 2 a と、導電体 5 4 2 a 上の絶縁体 5 7 1 a と、酸化物 5 3 0 b 上の導電体 5 4 2 b と、導電体 5 4 2 b 上の絶縁体 5 7 1 b と、酸化物 5 3 0 b 上の絶縁体 5 5 2 と、絶縁体 5 5 2 上の絶縁体 5 5 0 と、絶縁体 5 5 0 上の絶縁体 5 5 4 と、絶縁体 5 5 4 上に位置し、酸化物 5 3 0 b の一部と重なる導電体 5 6 0（導電体 5 6 0 a、および導電体 5 6 0 b）と、絶縁体 5 2 2、絶縁体 5 2 4、酸化物 5 3 0 a、酸化物 5 3 0 b、導電体 5 4 2 a、導

電体 5 4 2 b、絶縁体 5 7 1 a、および絶縁体 5 7 1 b 上に配置される絶縁体 5 4 4 と、を有する。ここで、図 1 5 A、及び図 1 5 B に示すように、絶縁体 5 5 2 は、絶縁体 5 2 2 の上面、絶縁体 5 2 4 の側面、酸化物 5 3 0 a の側面、酸化物 5 3 0 b の側面および上面、導電体 5 4 2 の側面、絶縁体 5 7 1（絶縁体 5 7 1 a と絶縁体 5 7 1 b をまとめて絶縁体 5 7 1 と呼称する。）の側面、絶縁体 5 4 4 の側面、絶縁体 5 8 0 の側面、および絶縁体 5 5 0 の下面と接する。また、導電体 5 6 0 の上面は、絶縁体 5 5 4 の上部、絶縁体 5 5 0 の上部、絶縁体 5 5 2 の上部、および絶縁体 5 8 0 の上面と高さが概略一致するように配置される。また、絶縁体 5 7 4 は、導電体 5 6 0 の上面、絶縁体 5 5 2 の上部、絶縁体 5 5 0 の上部、絶縁体 5 5 4 の上部、および絶縁体 5 8 0 の上面の少なくともいずれかの一部と接する。

[0 2 6 5]

絶縁体 5 8 0、および絶縁体 5 4 4 には、酸化物 5 3 0 b に達する開口が設けられる。当該開口内に、絶縁体 5 5 2、絶縁体 5 5 0、絶縁体 5 5 4、および導電体 5 6 0 が配置されている。また、トランジスタ 5 0 0 のチャンネル長方向において、絶縁体 5 7 1 a、および導電体 5 4 2 a と、絶縁体 5 7 1 b、および導電体 5 4 2 b と、の間に導電体 5 6 0、絶縁体 5 5 2、絶縁体 5 5 0、および絶縁体 5 5 4 が設けられている。絶縁体 5 5 4 は、導電体 5 6 0 の側面と接する領域と、導電体 5 6 0 の底面と接する領域と、を有する。

[0 2 6 6]

酸化物 5 3 0 は、絶縁体 5 2 4 の上に配置された酸化物 5 3 0 a と、酸化物 5 3 0 a の上に配置された酸化物 5 3 0 b と、を有することが好ましい。酸化物 5 3 0 b 下に酸化物 5 3 0 a を有することで、酸化物 5 3 0 a よりも下方に形成された構造物から、酸化物 5 3 0 b への不純物の拡散を抑制することができる。

[0 2 6 7]

なお、トランジスタ 5 0 0 では、酸化物 5 3 0 が、酸化物 5 3 0 a、および酸化物 5 3 0 b の 2 層を積層する構成について示しているが、本発明はこれに限られるものではない。例えば、トランジスタ 5 0 0 は、酸化物 5 3 0 b の単層、または 3 層以上の積層構造を有する構成とすることができる。又は、酸化物 5 3 0 a、および酸化物 5 3 0 b のそれぞれが積層構造を有する構成とすることができる。

[0 2 6 8]

導電体 5 6 0 は、第 1 のゲート（トップゲートともいう。）電極として機能し、導電体 5 0 3 は、第 2 のゲート（バックゲートともいう。）電極として機能する。また、絶縁体 5 5 2、絶縁体 5 5 0、及び絶縁体 5 5 4 は、第 1 のゲート絶縁体として機能し、絶縁体 5 2 2、及び絶縁体 5 2 4 は、第 2 のゲート絶縁体として機能する。なお、ゲート絶縁体は、ゲート絶縁層、またはゲート絶縁膜と呼ぶ場合もある。また、導電体 5 4 2 a は、ソースまたはドレインの一方として機能し、導電体 5 4 2 b は、ソースまたはドレインの他方として機能する。また、酸化物 5 3 0 の導電体 5 6 0 と重畳する領域の少なくとも一部はチャンネル形成領域として機能する。

[0 2 6 9]

ここで、図 1 5 A におけるチャンネル形成領域近傍の拡大図を図 1 6 A に示す。酸化物 5 3 0 b に酸素が供給されることで、導電体 5 4 2 a と導電体 5 4 2 b の間の領域にチャンネル形成領域が形成される。よって、図 1 6 A に示すように、酸化物 5 3 0 b は、トランジスタ 5 0 0 のチャンネル形成領域として機能する領域 5 3 0 b c と、領域 5 3 0 b c を挟むように設けられ、ソース領域または

ドレイン領域として機能する領域530baおよび領域530bbと、を有する。領域530bcは、少なくとも一部が導電体560と重畳している。言い換えると、領域530bcは、導電体542aと導電体542bの間の領域に設けられている。領域530baは、導電体542aに重畳して設けられており、領域530bbは、導電体542bに重畳して設けられている。

[0270]

チャネル形成領域として機能する領域530bcは、領域530baおよび領域530bbよりも、酸素欠損（本明細書等では、金属酸化物中の酸素欠損を V_O （oxygen vacancy）と呼称する場合がある。）が少なく、または不純物濃度が低いため、キャリア濃度が低い高抵抗領域である。よって領域530bcは、i型（真性）または実質的にi型であるといえることができる。

[0271]

金属酸化物を用いたトランジスタは、金属酸化物中のチャネルが形成される領域に不純物または酸素欠損（ V_O ）が存在すると、電気特性が変動しやすく、信頼性が悪くなる場合がある。また、酸素欠損（ V_O ）近傍の水素が、酸素欠損（ V_O ）に水素が入った欠陥（以下、 V_OH と呼称する場合がある。）を形成し、キャリアとなる電子を生成する場合がある。このため、酸化物半導体中のチャネルが形成される領域に酸素欠損が含まれていると、トランジスタはノーマリーオン特性（ゲート電極に電圧を印加しなくてもチャネルが存在し、トランジスタに電流が流れる特性）となりやすい。したがって、酸化物半導体中のチャネルが形成される領域では、不純物、酸素欠損、および V_OH はできる限り低減されていることが好ましい。

[0272]

また、ソース領域またはドレイン領域として機能する領域530baおよび領域530bbは、酸素欠損（ V_O ）が多く、または水素、窒素、金属元素などの不純物濃度が高い、ことでキャリア濃度が増加し、低抵抗化した領域である。すなわち、領域530baおよび領域530bbは、領域530bcと比較して、キャリア濃度が高く、低抵抗なn型の領域である。

[0273]

ここで、チャネル形成領域として機能する領域530bcのキャリア濃度は、 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることが好ましく、 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 未満であることがより好ましく、 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 未満であることがさらに好ましく、 $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ 未満であることがさらに好ましい。なお、チャネル形成領域として機能する領域530bcのキャリア濃度の下限値については、特に限定は無いが、例えば、 $1 \times 10^{-9} \text{ cm}^{-3}$ とすることができる。

[0274]

また、領域530bcと領域530baまたは領域530bbとの間に、キャリア濃度が、領域530baおよび領域530bbのキャリア濃度と同等、またはそれよりも低く、領域530bcのキャリア濃度と同等、またはそれよりも高い、領域が形成されていてもよい。つまり、当該領域は、領域530bcと領域530baまたは領域530bbとの接合領域として機能する。当該接合領域は、水素濃度が、領域530baおよび領域530bbの水素濃度と同等、またはそれよりも低く、領域530bcの水素濃度と同等、またはそれよりも高くなる場合がある。また、当該接合領域は、酸素欠損が、領域530baおよび領域530bbの酸素欠損と同等、またはそれよりも少なく、領域530bcの酸素欠損と同等、またはそれよりも多くなる場合がある。

[0275]

なお、図16Aでは、領域530ba、領域530bb、および領域530bcが酸化物530bに形成される例について示しているが、本発明はこれに限られるものではない。例えば、上記の各領域が酸化物530bだけでなく、酸化物530aまで形成されてもよい。

[0276]

また、酸化物530において、各領域の境界を明確に検出することが困難な場合がある。各領域内で検出される金属元素、ならびに水素、および窒素などの不純物元素の濃度は、領域ごとの段階的な変化に限らず、各領域内でも連続的に変化していてもよい。つまり、チャネル形成領域に近い領域であるほど、金属元素、ならびに水素、および窒素などの不純物元素の濃度が減少していればよい。

[0277]

トランジスタ500は、チャネル形成領域を含む酸化物530（酸化物530a、および酸化物530b）に、半導体として機能する金属酸化物（以下、酸化物半導体ともいう。）を用いることが好ましい。

[0278]

また、半導体として機能する金属酸化物は、バンドギャップが2eV以上、好ましくは2.5eV以上のものを用いることが好ましい。このように、バンドギャップの大きい金属酸化物を用いることで、トランジスタのオフ電流を低減することができる。

[0279]

酸化物530として、例えば、インジウム、元素Mおよび亜鉛を有するIn-M-Zn酸化物（元素Mは、アルミニウム、ガリウム、イットリウム、錫、銅、バナジウム、ベリリウム、ホウ素、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などから選ばれた一種、または複数種）等の金属酸化物を用いるとよい。また、酸化物530として、In-Ga酸化物、In-Zn酸化物、インジウム酸化物を用いてもよい。

[0280]

ここで、酸化物530bに用いる金属酸化物における、元素Mに対するInの原子数比が、酸化物530aに用いる金属酸化物における、元素Mに対するInの原子数比より大きいことが好ましい。

[0281]

このように、酸化物530bの下に酸化物530aを配置することで、酸化物530aよりも下方に形成された構造物からの、酸化物530bに対する、不純物および酸素の拡散を抑制することができる。

[0282]

また、酸化物530aおよび酸化物530bが、酸素以外に共通の元素を有する（主成分とする）ことで、酸化物530aと酸化物530bの界面における欠陥準位密度を低くすることができる。酸化物530aと酸化物530bとの界面における欠陥準位密度を低くすることができるため、界面散乱によるキャリア伝導への影響が小さく、高いオン電流が得られる。

[0283]

酸化物530bは、結晶性を有することが好ましい。特に、酸化物530bとして、CAAC-OS（c-axis aligned crystalline oxide semiconductor）を用いることが好ましい。

uctor)を用いることが好ましい。

[0284]

CAAC-OSは、結晶性の高い、緻密な構造を有しており、不純物、及び欠陥（例えば、酸素欠損（ V_O ）が少ない金属酸化物である。特に、金属酸化物の形成後に、金属酸化物が多結晶化しない程度の温度（例えば、 400°C 以上 600°C 以下）で加熱処理することで、CAAC-OSをより結晶性の高い、緻密な構造にすることができる。このようにして、CAAC-OSの密度をより高めることで、当該CAAC-OS中の不純物または酸素の拡散をより低減することができる。

[0285]

一方、CAAC-OSは、明確な結晶粒界を確認することが難しいため、結晶粒界に起因する電子移動度の低下が起こりにくいといえる。したがって、CAAC-OSを有する金属酸化物は、物理的性質が安定する。そのため、CAAC-OSを有する金属酸化物は熱に強く、信頼性が高い。

[0286]

酸化物半導体を用いたトランジスタは、酸化物半導体中のチャネルが形成される領域に不純物および酸素欠損が存在すると、電気特性が変動しやすく、信頼性が悪くなる場合がある。また、酸素欠損近傍の水素が、酸素欠損に水素が入った欠陥（以下、 V_OH と呼ぶ場合がある。）を形成し、キャリアとなる電子を生成する場合がある。このため、酸化物半導体中のチャネルが形成される領域に酸素欠損が含まれていると、トランジスタはノーマリーオン特性（ゲート電極に電圧を印加しなくてもチャネルが存在し、トランジスタに電流が流れる特性）となりやすい。したがって、酸化物半導体中のチャネルが形成される領域では、不純物、酸素欠損、および V_OH はできる限り低減されていることが好ましい。言い換えると、酸化物半導体中のチャネルが形成される領域は、キャリア濃度が低減され、 i 型（真性化）または実質的に i 型であることが好ましい。

[0287]

これに対して、酸化物半導体の近傍に、加熱により脱離する酸素（以下、過剰酸素と呼ぶ場合がある。）を含む絶縁体を設け、熱処理を行うことで、当該絶縁体から酸化物半導体に酸素を供給し、酸素欠損、および V_OH を低減することができる。ただし、ソース領域またはドレイン領域に過剰な量の酸素が供給されると、トランジスタ500のオン電流の低下、または電界効果移動度の低下を引き起こすおそれがある。さらに、ソース領域またはドレイン領域に供給される酸素の量が基板面内でばらつくことで、トランジスタを有する半導体装置の特性にばらつきが出ることになる。

[0288]

よって、酸化物半導体中において、チャネル形成領域として機能する領域530bcは、キャリア濃度が低減され、 i 型または実質的に i 型であることが好ましいが、ソース領域またはドレイン領域として機能する領域530baおよび領域530bbは、キャリア濃度が高く、 n 型であることが好ましい。つまり、酸化物半導体の領域530bcの酸素欠損、および V_OH を低減し、領域530baおよび領域530bbには過剰な量の酸素が供給されないようにすることが好ましい。

[0289]

そこで、本実施の形態では、酸化物530b上に導電体542aおよび導電体542bを設けた状態で、酸素を含む雰囲気中でマイクロ波処理を行い、領域530bcの酸素欠損、および V_OH の低減を図る。ここで、マイクロ波処理とは、例えばマイクロ波を用いて高密度プラズマを発生させる電源を有する装置を用いた処理のことを指す。

[0290]

酸素を含む雰囲気でマイクロ波処理を行うことで、マイクロ波、またはRF等の高周波を用いて酸素ガスをプラズマ化し、当該酸素プラズマを作用させることができる。このとき、マイクロ波、またはRF等の高周波を領域530bcに照射することもできる。プラズマ、マイクロ波などの作用により、領域530bcの V_OH を分断し、水素Hを領域530bcから除去し、酸素欠損 V_O を酸素で補償することができる。つまり、領域530bcにおいて、「 $V_OH \rightarrow H + V_O$ 」という反応が起きて、領域530bcの水素濃度を低減することができる。よって、領域530bc中の酸素欠損、および V_OH を低減し、キャリア濃度を低下させることができる。

[0291]

また、酸素を含む雰囲気でマイクロ波処理を行う際、マイクロ波、またはRF等の高周波、酸素プラズマなどの作用は、導電体542aおよび導電体542bに遮蔽され、領域530baおよび領域530bbには及ばない。さらに、酸素プラズマの作用は、酸化物530b、および導電体542を覆って設けられている、絶縁体571、および絶縁体580によって、低減することができる。これにより、マイクロ波処理の際に、領域530baおよび領域530bbで、 V_OH の低減、および過剰な量の酸素供給が発生しないので、キャリア濃度の低下を防ぐことができる。

[0292]

また、絶縁体552となる絶縁膜の成膜後、または絶縁体550となる絶縁膜の成膜後に、酸素を含む雰囲気でマイクロ波処理を行うことが好ましい。このように絶縁体552、または絶縁体550を介して、酸素を含む雰囲気でマイクロ波処理を行うことで、効率良く領域530bc中へ酸素を注入することができる。また、絶縁体552を導電体542の側面、および領域530bcの表面と接するように配置することで、領域530bcへ必要量以上の酸素の注入を抑制し、導電体542の側面の酸化を抑制することができる。また、絶縁体550となる絶縁膜の成膜時に導電体542の側面の酸化を抑制することができる。

[0293]

また、領域530bc中に注入される酸素は、酸素原子、酸素分子、酸素ラジカル（Oラジカルともいう、不対電子をもつ原子または分子、あるいはイオン）など様々な形態がある。なお、領域530bc中に注入される酸素は、上述の形態のいずれか一または複数であれば好ましく、特に酸素ラジカルであると好適である。また、絶縁体552、および絶縁体550の膜質を向上させることができるので、トランジスタ500の信頼性が向上する。

[0294]

このようにして、酸化物半導体の領域530bcで選択的に酸素欠損、および V_OH を除去して、領域530bcをi型または実質的にi型とすることができる。さらに、ソース領域またはドレイン領域として機能する領域530baおよび領域530bbに過剰な酸素が供給されるのを抑制し、マイクロ波処理を行う前のn型の領域の状態を維持することができる。これにより、トランジスタ500の電気特性の変動を抑制し、基板面内でトランジスタ500の電気特性のばらつきを少なくすることができる。

[0295]

以上のような構成にすることで、トランジスタ特性のばらつきが少ない半導体装置を提供することができる。また、信頼性が良好な半導体装置を提供することができる。また、良好な電気特性を有する半導体装置を提供することができる。

[0296]

また、図15Bに示すように、トランジスタ500のチャネル幅方向の断面視において、酸化物530bの側面と酸化物530bの上面との間に、湾曲面を有してもよい。つまり、当該側面の端部と当該上面の端部は、湾曲してもよい（以下、ラウンド状ともいう。）。

[0297]

上記湾曲面での曲率半径は、0nmより大きく、導電体542と重なる領域の酸化物530bの膜厚より小さい、または、上記湾曲面を有さない領域の長さの半分より小さいことが好ましい。上記湾曲面での曲率半径は、具体的には、0nmより大きく20nm以下、好ましくは1nm以上15nm以下、さらに好ましくは2nm以上10nm以下とする。このような形状にすることで、絶縁体552、絶縁体550、絶縁体554、および導電体560の、酸化物530bへの被覆性を高めることができる。

[0298]

酸化物530は、化学組成が異なる複数の酸化物層の積層構造を有することが好ましい。具体的には、酸化物530aに用いる金属酸化物において、主成分である金属元素に対する元素Mの原子数比が、酸化物530bに用いる金属酸化物における、主成分である金属元素に対する元素Mの原子数比より、大きいことが好ましい。また、酸化物530aに用いる金属酸化物において、Inに対する元素Mの原子数比が、酸化物530bに用いる金属酸化物における、Inに対する元素Mの原子数比より大きいことが好ましい。また、酸化物530bに用いる金属酸化物において、元素Mに対するInの原子数比が、酸化物530aに用いる金属酸化物における、元素Mに対するInの原子数比より大きいことが好ましい。

[0299]

また、酸化物530bは、CAAC-OSなどの結晶性を有する酸化物であることが好ましい。CAAC-OSなどの結晶性を有する酸化物は、不純物、及び欠陥（酸素欠損など）が少なく、結晶性の高い、緻密な構造を有している。よって、ソース電極またはドレイン電極による、酸化物530bからの酸素の引き抜きを抑制することができる。これにより、熱処理を行っても、酸化物530bから酸素が引き抜かれることを低減できるので、トランジスタ500は、製造工程における高い温度（所謂サーマルバジェット）に対して安定である。

[0300]

ここで、酸化物530aと酸化物530bの接合部において、伝導帯下端はなだらかに変化する。換言すると、酸化物530aと酸化物530bの接合部における伝導帯下端は、連続的に変化するまたは連続接合するともいうことができる。このようにするためには、酸化物530aと酸化物530bとの界面に形成される混合層の欠陥準位密度を低くするとよい。

[0301]

具体的には、酸化物530aと酸化物530bが、酸素以外に共通の元素を主成分として有することで、欠陥準位密度が低い混合層を形成することができる。例えば、酸化物530bがIn-M-Zn酸化物の場合、酸化物530aとして、In-M-Zn酸化物、M-Zn酸化物、元素Mの酸化物、In-Zn酸化物、インジウム酸化物などを用いてもよい。

[0302]

具体的には、酸化物530aとして、In:M:Zn=1:3:4 [原子数比] もしくはその近傍の組成、またはIn:M:Zn=1:1:0.5 [原子数比] もしくはその近傍の組成の金属酸化物を用いればよい。また、酸化物530bとして、In:M:Zn=1:1:1 [原子数比] も

しくはその近傍の組成、または $I n : M : Z n = 4 : 2 : 3$ [原子数比] もしくはその近傍の組成の金属酸化物を用いればよい。なお、近傍の組成とは、所望の原子数比の $\pm 30\%$ の範囲を含む。また、元素Mとして、ガリウムを用いることが好ましい。

[0303]

なお、金属酸化物をスパッタリング法により成膜する場合、上記の原子数比は、成膜された金属酸化物の原子数比に限られず、金属酸化物の成膜に用いるスパッタリングターゲットの原子数比であつてもよい。

[0304]

また、図15Aなどに示すように、酸化物530の上面および側面に接して、酸化アルミニウムなどにより形成される絶縁体552を設けることにより、酸化物530と絶縁体552の界面およびその近傍に、酸化物530に含まれるインジウムが偏在する場合がある。これにより、酸化物530の表面近傍が、インジウム酸化物に近い原子数比、または $I n - Z n$ 酸化物に近い原子数比になる。このように酸化物530、特に酸化物530bの表面近傍のインジウムの原子数比が大きくなることで、トランジスタ500の電界効果移動度を向上させることができる。

[0305]

酸化物530aおよび酸化物530bを上述の構成とすることで、酸化物530aと酸化物530bとの界面における欠陥準位密度を低くすることができる。そのため、界面散乱によるキャリア伝導への影響が小さくなり、トランジスタ500は大きいオン電流、および高い周波数特性を得ることができる。

[0306]

絶縁体512、絶縁体514、絶縁体544、絶縁体571、絶縁体574、絶縁体576、及び絶縁体581の少なくとも一は、水、水素などの不純物が、基板側から、または、トランジスタ500の上方からトランジスタ500に拡散するのを抑制するバリア絶縁膜として機能することが好ましい。したがって、絶縁体512、絶縁体514、絶縁体544、絶縁体571、絶縁体574、絶縁体576、および絶縁体581の少なくとも一は、水素原子、水素分子、水分子、窒素原子、窒素分子、酸化窒素分子 (N_2O 、 NO 、 NO_2 など)、銅原子などの不純物の拡散を抑制する機能を有する (上記不純物が透過しにくい) 絶縁性材料を用いることが好ましい。または、酸素 (例えば、酸素原子、酸素分子などの少なくとも一) の拡散を抑制する機能を有する (上記酸素が透過しにくい) 絶縁性材料を用いることが好ましい。

[0307]

絶縁体512、絶縁体514、絶縁体544、絶縁体571、絶縁体574、絶縁体576、および絶縁体581としては、水、水素などの不純物、および酸素の拡散を抑制する機能を有する絶縁体を用いることが好ましく、例えば、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化ハフニウム、酸化ガリウム、インジウム-ガリウム-亜鉛酸化物、窒化シリコン、または窒化酸化シリコンなどを用いることができる。例えば、絶縁体512、絶縁体544、および絶縁体576として、より水素バリア性が高い、窒化シリコンなどを用いることが好ましい。また、例えば、絶縁体514、絶縁体571、絶縁体574、および絶縁体581として、水素を捕獲および水素を固着する機能が高い、酸化アルミニウムまたは酸化マグネシウムなどを用いることが好ましい。これにより、水、水素などの不純物が絶縁体512、および絶縁体514を介して、基板側からトランジスタ500側に拡散することを抑制できる。または、水、水素などの不純物が絶縁体581よりも外側に配置

されている層間絶縁膜などから、トランジスタ500側に拡散するのを抑制することができる。または、絶縁体524などに含まれる酸素が、絶縁体512、および絶縁体514を介して基板側に、拡散するのを抑制することができる。または、絶縁体580などに含まれる酸素が、絶縁体574などを介してトランジスタ500より上方に、拡散するのを抑制することができる。この様に、トランジスタ500を、水、水素などの不純物、および酸素の拡散を抑制する機能を有する絶縁体512、絶縁体514、絶縁体571、絶縁体544、絶縁体574、絶縁体576、および絶縁体581で取り囲む構造とすることが好ましい。

[0308]

ここで、絶縁体512、絶縁体514、絶縁体544、絶縁体571、絶縁体574、絶縁体576、および絶縁体581として、アモルファス構造を有する酸化物を用いることが好ましい。例えば、 AlO_x (x は0より大きい任意数)、または MgO_y (y は0より大きい任意数)などの金属酸化物を用いることが好ましい。このようなアモルファス構造を有する金属酸化物では、酸素原子がダングリングボンドを有しており、当該ダングリングボンドで水素を捕獲または固着する性質を有する場合がある。このようなアモルファス構造を有する金属酸化物をトランジスタ500の構成要素として用いる、またはトランジスタ500の周囲に設けることで、トランジスタ500に含まれる水素、またはトランジスタ500の周囲に存在する水素を捕獲または固着することができる。特にトランジスタ500のチャネル形成領域に含まれる水素を捕獲または固着することが好ましい。アモルファス構造を有する金属酸化物をトランジスタ500の構成要素として用いる、またはトランジスタ500の周囲に設けることで、良好な特性を有し、信頼性の高いトランジスタ500、および半導体装置を作製することができる。

[0309]

また、絶縁体512、絶縁体514、絶縁体544、絶縁体571、絶縁体574、絶縁体576、および絶縁体581は、アモルファス構造であることが好ましいが、一部に多結晶構造の領域が形成されていてもよい。また、絶縁体512、絶縁体514、絶縁体544、絶縁体571、絶縁体574、絶縁体576、および絶縁体581は、アモルファス構造の層と、多結晶構造の層と、が積層された多層構造であってもよい。例えば、アモルファス構造の層の上に多結晶構造の層が形成された積層構造でもよい。

[0310]

絶縁体512、絶縁体514、絶縁体544、絶縁体571、絶縁体574、絶縁体576、および絶縁体581の成膜は、例えば、スパッタリング法を用いて行えばよい。スパッタリング法は、成膜ガスに水素を含む分子を用いなくてよいので、絶縁体512、絶縁体514、絶縁体544、絶縁体571、絶縁体574、絶縁体576、および絶縁体581の水素濃度を低減することができる。なお、成膜方法は、スパッタリング法に限られるものではなく、化学気相成長 (CVD) 法、分子線エピタキシー (MBE) 法、パルスレーザ堆積 (PLD) 法、原子層堆積 (ALD) 法などを適宜用いてもよい。

[0311]

また、絶縁体512、絶縁体544、および絶縁体576の抵抗率を低くすることが好ましい場合がある。例えば、絶縁体512、絶縁体544、および絶縁体576の抵抗率を概略 $1 \times 10^{13} \Omega \text{cm}$ とすることで、半導体装置作製工程のプラズマ等を用いる処理において、絶縁体512、絶縁体544、および絶縁体576が、導電体503、導電体542、導電体560などのチャージ

アップを緩和することができる場合がある。絶縁体 5 1 2、絶縁体 5 4 4、および絶縁体 5 7 6 の抵抗率は、好ましくは、 $1 \times 10^{10} \Omega \text{ cm}$ 以上 $1 \times 10^{15} \Omega \text{ cm}$ 以下とする。

[0312]

また、絶縁体 5 1 6、絶縁体 5 7 4、絶縁体 5 8 0、および絶縁体 5 8 1 は、絶縁体 5 1 4 よりも誘電率が低いことが好ましい。誘電率が低い材料を層間膜とすることで、配線間に生じる寄生容量を低減することができる。例えば、絶縁体 5 1 6、絶縁体 5 8 0、および絶縁体 5 8 1 として、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、フッ素を添加した酸化シリコン、炭素を添加した酸化シリコン、炭素および窒素を添加した酸化シリコン、空孔を有する酸化シリコンなどを適宜用いればよい。

[0313]

また、絶縁体 5 8 1 は、一例として、層間膜、平坦化膜などとして機能する絶縁体とすることが好ましい。

[0314]

導電体 5 0 3 は、酸化物 5 3 0、および導電体 5 6 0 と、重なるように配置する。ここで、導電体 5 0 3 は、絶縁体 5 1 6 に形成された開口に埋め込まれて設けることが好ましい。また、導電体 5 0 3 の一部が絶縁体 5 1 4 に埋め込まれる場合がある。

[0315]

導電体 5 0 3 は、導電体 5 0 3 a、および導電体 5 0 3 b を有する。導電体 5 0 3 a は、当該開口の底面および側壁に接して設けられる。導電体 5 0 3 b は、導電体 5 0 3 a に形成された凹部に埋め込まれるように設けられる。ここで、導電体 5 0 3 b の上部の高さは、導電体 5 0 3 a の上部の高さおよび絶縁体 5 1 6 の上部の高さと概略一致する。

[0316]

ここで、導電体 5 0 3 a は、水素原子、水素分子、水分子、窒素原子、窒素分子、酸化窒素分子 (N_2O 、 NO 、 NO_2 など)、銅原子などの不純物の拡散を抑制する機能を有する導電性材料を用いることが好ましい。または、酸素（例えば、酸素原子、酸素分子などの少なくとも一）の拡散を抑制する機能を有する導電性材料を用いることが好ましい。

[0317]

導電体 5 0 3 a に、水素の拡散を低減する機能を有する導電性材料を用いることにより、導電体 5 0 3 b に含まれる水素などの不純物が、絶縁体 5 2 4 等を介して、酸化物 5 3 0 に拡散するのを防ぐことができる。また、導電体 5 0 3 a に、酸素の拡散を抑制する機能を有する導電性材料を用いることにより、導電体 5 0 3 b が酸化して導電率が低下することを抑制することができる。酸素の拡散を抑制する機能を有する導電性材料としては、例えば、チタン、窒化チタン、タンタル、窒化タンタル、ルテニウム、酸化ルテニウムなどを用いることが好ましい。したがって、導電体 5 0 3 a としては、上記導電性材料を単層または積層とすればよい。例えば、導電体 5 0 3 a は、窒化チタンを用いればよい。

[0318]

また、導電体 5 0 3 b は、タングステン、銅、またはアルミニウムを主成分とする導電性材料を用いることが好ましい。例えば、導電体 5 0 3 b は、タングステンを用いればよい。

[0319]

導電体 5 0 3 は、第 2 のゲート電極として機能する場合がある。その場合、導電体 5 0 3 に印加する電位を、導電体 5 6 0 に印加する電位と、連動させず、独立して変化させることで、トランジ

スタ500のしきい値電圧 (V_{th}) を制御することができる。特に、導電体503に負の電位を印加することにより、トランジスタ500の V_{th} をより大きくし、オフ電流を低減することが可能となる。したがって、導電体503に負の電位を印加したほうが、印加しない場合よりも、導電体560に印加する電位が0Vのときのドレイン電流を小さくすることができる。

[0320]

なお、酸化物530を高純度真性とし、酸化物530から不純物が極力排除された状態であるとする場合、導電体503、及び／または導電体560に電位を与えずに、トランジスタ500をノーマリーオフとする（トランジスタ500のしきい値電圧を0Vより大きくする）ことが期待できる場合がある。この場合においては、導電体560と、導電体503とを接続し、同一電位が与えられるようにすると好適である。

[0321]

また、導電体503の電気抵抗率は、上記の導電体503に印加する電位を考慮して設計され、導電体503の膜厚は当該電気抵抗率に合わせて設定される。また、絶縁体516の膜厚は、導電体503とほぼ同じになる。ここで、導電体503の設計が許す範囲で導電体503および絶縁体516の膜厚を薄くすることが好ましい。絶縁体516の膜厚を薄くすることで、絶縁体516中に含まれる水素などの不純物の絶対量を低減することができるので、当該不純物が酸化物530に拡散するのを低減することができる。

[0322]

なお、導電体503は、上面から見て、酸化物530の導電体542aおよび導電体542bと重ならない領域の大きさよりも、大きく設けるとよい。特に、図15Bに示すように、導電体503は、酸化物530aおよび酸化物530bのチャネル幅方向の端部よりも外側の領域においても、延伸していることが好ましい。つまり、酸化物530のチャネル幅方向における側面の外側において、導電体503と、導電体560とは、絶縁体を介して重畳していることが好ましい。当該構成を有することで、第1のゲート電極として機能する導電体560の電界と、第2のゲート電極として機能する導電体503の電界によって、酸化物530のチャネル形成領域を電氣的に取り囲むことができる。本明細書において、第1のゲート、および第2のゲートの電界によって、チャネル形成領域を電氣的に取り囲むトランジスタの構造を、*surrounded channel* (*S-channel*) 構造とよぶ。

[0323]

なお、本明細書等において、*S-channel* 構造のトランジスタとは、一対のゲート電極の一方および他方の電界によって、チャネル形成領域を電氣的に取り囲むトランジスタの構造を表す。また、本明細書等で開示する*S-channel* 構造は、*Fin*型構造およびプレーナ型構造とは異なる。*S-channel* 構造を採用することで、短チャネル効果に対する耐性を高める、別言すると短チャネル効果が発生し難いトランジスタとすることができる。

[0324]

トランジスタ500を、ノーマリーオフとして、且つ上記の*S-Channel* 構造とすることで、チャネル形成領域を電氣的に取り囲むことができる。そのため、トランジスタ500を*GAA* (*Gate All Around*) 構造、または*LGAA* (*Lateral Gate All Around*) 構造と捉えることもできる。トランジスタ500を*S-Channel* 構造、*GAA* 構造、または*LGAA* 構造とすることで、酸化物530と、ゲート絶縁膜との界面または界面近

傍に形成されるチャネル形成領域を、酸化物 530 のバルク全体とすることができる。別言すると、トランジスタ 500 を S-Channel 構造、GAA 構造、または LGAA 構造とすることで、キャリアパスをバルク全体として用いる、いわゆる Bulk-Flow タイプとすることができる。Bulk-Flow タイプのトランジスタ構造とすることで、トランジスタに流れる電流密度を向上させることが可能となるため、トランジスタのオン電流の向上、またはトランジスタの電界効果移動度を高めることが期待できる。

[0325]

また、図 15B に示すように、導電体 503 は延伸させて、配線としても機能させている。ただし、これに限られることなく、導電体 503 の下に、配線として機能する導電体を設ける構成にしてもよい。また、導電体 503 は、必ずしも各トランジスタに一個ずつ設ける必要はない。例えば、導電体 503 を複数のトランジスタで共有する構成にしてもよい。

[0326]

なお、トランジスタ 500 では、導電体 503 は、導電体 503a、および導電体 503b を積層する構成について示しているが、本発明はこれに限られるものではない。例えば、導電体 503 は、単層、または 3 層以上の積層構造として設ける構成にしてもよい。

[0327]

絶縁体 522、および絶縁体 524 は、ゲート絶縁体として機能する。

[0328]

絶縁体 522 は、水素（例えば、水素原子、水素分子などの少なくとも一）の拡散を抑制する機能を有することが好ましい。また、絶縁体 522 は、酸素（例えば、酸素原子、酸素分子などの少なくとも一）の拡散を抑制する機能を有することが好ましい。例えば、絶縁体 522 は、絶縁体 524 よりも水素および酸素の一方または双方の拡散を抑制する機能を有することが好ましい。

[0329]

絶縁体 522 は、絶縁性材料であるアルミニウムおよびハフニウム的一方または双方の酸化物を含む絶縁体を用いるとよい。当該絶縁体として、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、アルミニウムおよびハフニウムを含む酸化物（ハフニウムアルミネート）などを用いることが好ましい。このような材料を用いて絶縁体 522 を形成した場合、絶縁体 522 は、酸化物 530 から基板側への酸素の放出と、トランジスタ 500 の周辺部から酸化物 530 への水素等の不純物の拡散と、を抑制する層として機能する。よって、絶縁体 522 を設けることで、水素等の不純物が、トランジスタ 500 の内側へ拡散することを抑制し、酸化物 530 中の酸素欠損の生成を抑制することができる。また、導電体 503 が、絶縁体 524、又は酸化物 530 が有する酸素と反応することを抑制することができる。

[0330]

または、上記絶縁体に、例えば、酸化アルミニウム、酸化ビスマス、酸化ゲルマニウム、酸化ニオブ、酸化シリコン、酸化チタン、酸化タングステン、酸化イットリウム、酸化ジルコニウムを添加してもよい。または、これらの絶縁体を窒化処理してもよい。また、絶縁体 522 は、これらの絶縁体に酸化シリコン、酸化窒化シリコンまたは窒化シリコンを積層して用いてもよい。

[0331]

また、絶縁体 522 は、例えば、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、酸化タンタル、酸化ジルコニウムなどの、いわゆる h i g h - k 材料を含む絶縁体を単層または積層で用いてもよい。トラ

ンジスタの微細化、および高集積化が進むと、ゲート絶縁体の薄膜化により、リーク電流などの問題が生じる場合がある。ゲート絶縁体として機能する絶縁体に $high-k$ 材料を用いることで、物理膜厚を保ちながら、トランジスタ動作時のゲート電位の低減が可能となる。また、絶縁体 522 として、チタン酸ジルコン酸鉛 (PZT)、チタン酸ストロンチウム ($SrTiO_3$)、(Ba, Sr) TiO_3 (BST) などの誘電率が高い物質を用いることができる場合もある。

[0332]

酸化物 530 と接する絶縁体 524 は、例えば、酸化シリコン、酸化窒化シリコンなどを適宜用いればよい。

[0333]

また、トランジスタ 500 の作製工程中において、酸化物 530 の表面が露出した状態で、加熱処理を行うと好適である。当該加熱処理は、例えば、 $100^{\circ}C$ 以上 $600^{\circ}C$ 以下、より好ましくは $350^{\circ}C$ 以上 $550^{\circ}C$ 以下で行えばよい。なお、加熱処理は、窒素ガスもしくは不活性ガスの雰囲気、または酸化性ガスを 10 ppm 以上、1% 以上、もしくは 10% 以上含む雰囲気で行う。例えば、加熱処理は酸素雰囲気で行うことが好ましい。これにより、酸化物 530 に酸素を供給して、酸素欠損 (V_O) の低減を図ることができる。また、加熱処理は減圧状態で行ってもよい。または、加熱処理は、窒素ガスもしくは不活性ガスの雰囲気で行った後に、脱離した酸素を補うために、酸化性ガスを 10 ppm 以上、1% 以上、または 10% 以上含む雰囲気で行ってもよい。または、酸化性ガスを 10 ppm 以上、1% 以上、または 10% 以上含む雰囲気で行った後に、連続して窒素ガスもしくは不活性ガスの雰囲気で行った加熱処理を行ってもよい。

[0334]

なお、酸化物 530 に加酸素化処理を行うことで、酸化物 530 中の酸素欠損を、供給された酸素により修復させる、別言すると「 $V_O + O \rightarrow null$ 」という反応を促進させることができる。さらに、酸化物 530 中に残存した水素に供給された酸素が反応することで、当該水素を H_2O として除去する（脱水化する）ことができる。これにより、酸化物 530 中に残存していた水素が酸素欠損に再結合して V_OH が形成されるのを抑制することができる。

[0335]

なお、絶縁体 522、および絶縁体 524 が、2 層以上の積層構造を有していてもよい。その場合、同じ材料からなる積層構造に限定されず、異なる材料からなる積層構造でもよい。また、絶縁体 524 は、酸化物 530 a と重畳して島状に形成してもよい。この場合、絶縁体 544 が、絶縁体 524 の側面および絶縁体 522 の上面に接する構成になる。

[0336]

導電体 542 a、および導電体 542 b は酸化物 530 b の上面に接して設けられる。導電体 542 a および導電体 542 b は、それぞれトランジスタ 500 のソース電極またはドレイン電極として機能する。

[0337]

導電体 542（導電体 542 a、および導電体 542 b）としては、例えば、タンタルを含む窒化物、チタンを含む窒化物、モリブデンを含む窒化物、タングステンを含む窒化物、タンタルおよびアルミニウムを含む窒化物、チタンおよびアルミニウムを含む窒化物などを用いることが好ましい。本発明の一態様においては、タンタルを含む窒化物が特に好ましい。また、例えば、酸化ルテニウム、窒化ルテニウム、ストロンチウムとルテニウムを含む窒化物、ランタンとニッケルを含む

酸化物などを用いてもよい。これらの材料は、酸化しにくい導電性材料、または、酸素を吸収しても導電性を維持する材料であるため、好ましい。

[0338]

なお、酸化物530bなどに含まれる水素が、導電体542aまたは導電体542bに拡散する場合がある。特に、導電体542aおよび導電体542bに、タンタルを含む窒化物を用いることで、酸化物530bなどに含まれる水素は、導電体542aまたは導電体542bに拡散しやすく、拡散した水素は、導電体542aまたは導電体542bが有する窒素と結合することがある。つまり、酸化物530bなどに含まれる水素は、導電体542aまたは導電体542bに吸い取られる場合がある。

[0339]

また、導電体542の側面と導電体542の上面との間に、湾曲面が形成されないことが好ましい。当該湾曲面が形成されない導電体542とすることで、チャネル幅方向の断面における、導電体542の断面積を大きくすることができる。これにより、導電体542の導電率を大きくし、トランジスタ500のオン電流を大きくすることができる。

[0340]

絶縁体571aは、導電体542aの上面に接して設けられており、絶縁体571bは、導電体542bの上面に接して設けられている。絶縁体571は、少なくとも酸素に対するバリア絶縁膜として機能することが好ましい。したがって、絶縁体571は、酸素の拡散を抑制する機能を有することが好ましい。例えば、絶縁体571は、絶縁体580よりも酸素の拡散を抑制する機能を有することが好ましい。絶縁体571としては、例えば、窒化シリコンなどのシリコンを含む窒化物を用いればよい。また、絶縁体571は、水素などの不純物を捕獲する機能を有することが好ましい。その場合、絶縁体571としては、アモルファス構造を有する金属酸化物、例えば、酸化アルミニウムまたは酸化マグネシウムなどの絶縁体を用いればよい。特に、絶縁体571として、アモルファス構造を有する酸化アルミニウム、またはアモルファス構造の酸化アルミニウムを用いることで、より効果的に水素を捕獲または固着できる場合があるため好ましい。これにより、良好な特性を有し、信頼性の高いトランジスタ500、および半導体装置を作製することができる。

[0341]

絶縁体544は、絶縁体524、酸化物530a、酸化物530b、導電体542、および絶縁体571を覆うように設けられる。絶縁体544として、水素を捕獲および水素を固着する機能を有することが好ましい。その場合、絶縁体544としては、窒化シリコンまたは、アモルファス構造を有する金属酸化物、例えば、酸化アルミニウムまたは酸化マグネシウムなどの絶縁体を含むことが好ましい。また、例えば、絶縁体544として、酸化アルミニウムと、当該酸化アルミニウム上の窒化シリコンの積層膜を用いてもよい。

[0342]

上記のような絶縁体571および絶縁体544を設けることで、酸素に対するバリア性を有する絶縁体で導電体542を包み込むことができる。つまり、絶縁体524、および絶縁体580に含まれる酸素が、導電体542に拡散するのを防ぐことができる。これにより、絶縁体524、および絶縁体580に含まれる酸素によって、導電体542が直接酸化されて抵抗率が増大し、オン電流が低減するのを抑制することができる。

[0343]

絶縁体 552 は、ゲート絶縁体の一部として機能する。絶縁体 552 としては、酸素に対するバリア絶縁膜を用いることが好ましい。絶縁体 552 としては、上述の絶縁体 574 に用いることができる絶縁体を用いればよい。絶縁体 552 として、アルミニウムおよびハフニウムの一方または双方の酸化物を含む絶縁体を用いるとよい。当該絶縁体として、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、アルミニウムおよびハフニウムを含む酸化物（ハフニウムアルミネート）、ハフニウムおよびシリコンを含む酸化物（ハフニウムシリケート）などを用いることができる。本実施の形態では、絶縁体 552 として、酸化アルミニウムを用いる。この場合、絶縁体 552 は、少なくとも酸素と、アルミニウムと、を有する絶縁体となる。

[0344]

図 15B に示すように、絶縁体 552 は、酸化物 530b の上面および側面、酸化物 530a の側面、絶縁体 524 の側面、および絶縁体 522 の上面に接して設けられる。つまり、酸化物 530a、酸化物 530b、および絶縁体 524 の導電体 560 と重なる領域は、チャネル幅方向の断面において、絶縁体 552 に覆われている。これにより、熱処理などを行った際に、酸化物 530a および酸化物 530b で酸素が脱離するのを、酸素に対するバリア性を有する絶縁体 552 でブロックすることができる。よって、酸化物 530a および酸化物 530b に酸素欠損 (V_o) が形成されるのを低減することができる。これにより、領域 530bc に形成される、酸素欠損 (V_o)、および V_oH を低減することができる。よって、トランジスタ 500 の電気特性を良好にし、信頼性を向上させることができる。

[0345]

また、逆に、絶縁体 580 および絶縁体 550 などに過剰な量の酸素が含まれていても、当該酸素が酸化物 530a および酸化物 530b に過剰に供給されるのを抑制することができる。よって、領域 530bc を介して、領域 530ba および領域 530bb が過剰に酸化され、トランジスタ 500 のオン電流の低下、または電界効果移動度の低下を起こすのを抑制することができる。

[0346]

また、図 15A に示すように、絶縁体 552 は、導電体 542、絶縁体 544、絶縁体 571、および絶縁体 580、それぞれの側面に接して設けられる。よって、導電体 542 の側面が酸化され、当該側面に酸化膜が形成されるのを低減することができる。これにより、トランジスタ 500 のオン電流の低下、または電界効果移動度の低下を起こすのを抑制することができる。

[0347]

また、絶縁体 552 は、絶縁体 554、絶縁体 550、および導電体 560 と、ともに、絶縁体 580 などに形成された開口に設ける必要がある。トランジスタ 500 の微細化を図るにあたって、絶縁体 552 の膜厚は薄いことが好ましい。絶縁体 552 の膜厚は、0.1 nm 以上、0.5 nm 以上、又は 1.0 nm 以上とすることが好ましく、かつ 1.0 nm 以下、3.0 nm 以下、又は 5.0 nm 以下とすることが好ましい。なお、上述した下限値、及び上限値はそれぞれ組み合わせることができるものとする。この場合、絶縁体 552 は、少なくとも一部において、上記のような膜厚の領域を有していればよい。また、絶縁体 552 の膜厚は絶縁体 550 の膜厚より薄いことが好ましい。この場合、絶縁体 552 は、少なくとも一部において、絶縁体 550 より膜厚が薄い領域を有していればよい。

[0348]

絶縁体 552 を上記のように膜厚を薄く成膜するには、ALD 法を用いて成膜することが好まし

い。ALD法は、反応のための第1の原料ガス（前駆体、プリカーサ、または金属プリカーサとも呼ぶ）と第2の原料ガス（反応剤、リアクタント、酸化剤、または非金属プリカーサとも呼ぶ）を交互にチャンバーに導入し、これらの原料ガスの導入を繰り返すことで成膜を行う方法である。ALD法には、プリカーサ及びリアクタントの反応を熱エネルギーのみで行う熱ALD法、プラズマ励起されたリアクタントを用いるPEALD（Plasma Enhanced ALD）法などがある。PEALD法では、プラズマを利用することで、より低温での成膜が可能となり好ましい場合がある。

[0349]

ALD法は、原子の性質である自己制御性を利用し、一層ずつ原子を堆積することができるので、極薄の成膜が可能、アスペクト比の高い構造への成膜が可能、ピンホールなどの欠陥の少ない成膜が可能、被覆性に優れた成膜が可能、低温での成膜が可能、などの効果がある。よって、絶縁体552を絶縁体580などに形成された開口の側面などに被覆性良く、上記のような薄い膜厚で成膜することができる。

[0350]

なお、ALD法で用いるプリカーサには炭素などを含むものがある。このため、ALD法により設けられた膜は、他の成膜法により設けられた膜と比較して、炭素などの不純物を多く含む場合がある。なお、不純物の定量は、二次イオン質量分析法（SIMS：Secondary Ion Mass Spectrometry）、またはX線光電子分光法（XPS：X-ray Photoelectron Spectroscopy）を用いて行うことができる。

[0351]

絶縁体550は、ゲート絶縁体の一部として機能する。絶縁体550は、絶縁体552の上面に接して配置することが好ましい。絶縁体550は、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化酸化シリコン、窒化シリコン、フッ素を添加した酸化シリコン、炭素を添加した酸化シリコン、炭素および窒素を添加した酸化シリコン、空孔を有する酸化シリコンなどを用いることができる。特に、酸化シリコン、および酸化窒化シリコンは熱に対し安定であるため好ましい。この場合、絶縁体550は、少なくとも酸素とシリコンと、を有する絶縁体となる。

[0352]

絶縁体550は、絶縁体524と同様に、絶縁体550中の水、水素などの不純物濃度が低減されていることが好ましい。絶縁体550の膜厚は、下限値が1nmまたは0.5nmであり、上限値が15nmまたは20nmであることが好ましい。なお、上述した下限値、及び上限値はそれぞれ組み合わせることができるものとする。例えば、絶縁体550の膜厚は、0.5nm以上20nm以下が好ましく、1nm以上15nm以下が好ましい。この場合、絶縁体550は、少なくとも一部において、上記のような膜厚の領域を有していればよい。

[0353]

図15A、及び図15Bなどでは、絶縁体550を単層とする構成について示したが、本発明はこれに限られず、2層以上の積層構造としてもよい。例えば、図16Bに示すように、絶縁体550を、絶縁体550aと、絶縁体550a上の絶縁体550bの2層の積層構造にしてもよい。

[0354]

図16Bに示すように、絶縁体550を2層の積層構造とする場合、下層の絶縁体550aは、酸素を透過しやすい絶縁体を用いて形成し、上層の絶縁体550bは、酸素の拡散を抑制する機能

を有する絶縁体を用いて形成することが好ましい。このような構成にすることで、絶縁体550aに含まれる酸素が、導電体560へ拡散するのを抑制することができる。つまり、酸化物530へ供給する酸素量の減少を抑制することができる。また、絶縁体550aに含まれる酸素による導電体560の酸化を抑制することができる。例えば、絶縁体550aは、上述した絶縁体550に用いることができる材料を用いて設け、絶縁体550bは、アルミニウムおよびハフニウム的一方または双方の酸化物を含む絶縁体を用いるとよい。当該絶縁体として、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、アルミニウムおよびハフニウムを含む酸化物（ハフニウムアルミネート）、ハフニウムおよびシリコンを含む酸化物（ハフニウムシリケート）などを用いることができる。本実施の形態では、絶縁体550bとして、酸化ハフニウムを用いる。この場合、絶縁体550bは、少なくとも酸素と、ハフニウムと、を有する絶縁体となる。また、絶縁体550bの膜厚は、0.5nm以上、又は1.0nm以上とすることが好ましく、かつ3.0nm以下、又は5.0nm以下とすることが好ましい。なお、上述した下限値、及び上限値はそれぞれ組み合わせることができるものとする。この場合、絶縁体550bは、少なくとも一部において、上記のような膜厚の領域を有していればよい。

[0355]

なお、絶縁体550aに酸化シリコン、酸化窒化シリコンなどを用いる場合、絶縁体550bは、比誘電率が高いhigh-k材料である絶縁性材料を用いてもよい。ゲート絶縁体を、絶縁体550aと絶縁体550bとの積層構造とすることで、熱に対して安定、かつ比誘電率の高い積層構造とすることができる。したがって、ゲート絶縁体の物理膜厚を保持したまま、トランジスタ動作時に印加するゲート電位の低減化が可能となる。また、ゲート絶縁体として機能する絶縁体の等価酸化膜厚（EOT）の薄膜化が可能となる。よって、絶縁体550の絶縁耐圧を高くすることができる。

[0356]

絶縁体554は、ゲート絶縁体の一部として機能する。絶縁体554としては、水素に対するバリア絶縁膜を用いることが好ましい。これにより、導電体560に含まれる水素などの不純物が、絶縁体550、および酸化物530bに拡散するのを防ぐことができる。絶縁体554としては、上述した絶縁体576に用いることができる絶縁体を用いればよい。例えば、絶縁体554としてPEALD法で成膜した窒化シリコンを用いればよい。この場合、絶縁体554は、少なくとも窒素と、シリコンと、を有する絶縁体となる。

[0357]

また、絶縁体554が、さらに酸素に対するバリア性を有してもよい。これにより、絶縁体550に含まれる酸素が、導電体560へ拡散するのを抑制することができる。

[0358]

また、絶縁体554は、絶縁体552、絶縁体550、および導電体560と、ともに、絶縁体580などに形成された開口に設ける必要がある。トランジスタ500の微細化を図るにあたって、絶縁体554の膜厚は薄いことが好ましい。絶縁体554の膜厚は、0.1nm以上、0.5nm以上、又は1.0nm以上とすることが好ましく、かつ3.0nm以下、又は5.0nm以下とすることが好ましい。なお、上述した下限値、及び上限値はそれぞれ組み合わせることができるものとする。この場合、絶縁体554は、少なくとも一部において、上記のような膜厚の領域を有していればよい。また、絶縁体554の膜厚は絶縁体550の膜厚より薄いことが好ましい。この場合、

絶縁体 554 は、少なくとも一部において、絶縁体 550 より膜厚が薄い領域を有していればよい。

[0359]

導電体 560 は、トランジスタ 500 の第 1 のゲート電極として機能する。導電体 560 は、導電体 560a と、導電体 560a の上に配置された導電体 560b と、を有することが好ましい。例えば、導電体 560a は、導電体 560b の底面および側面を包むように配置されることが好ましい。また、図 15A および図 15B に示すように、導電体 560 の上面の高さの位置は、絶縁体 550 の上部の高さの位置と概略一致している。なお、図 15A および図 15B では、導電体 560 は、導電体 560a と導電体 560b の 2 層構造として示しているが、導電体 560 は、当該 2 層構造以外としては、単層構造、又は 3 層以上の積層構造とすることができる。

[0360]

導電体 560a は、水素原子、水素分子、水分子、窒素原子、窒素分子、酸化窒素分子、銅原子などの不純物の拡散を抑制する機能を有する導電性材料を用いることが好ましい。または、酸素（例えば、酸素原子、酸素分子などの少なくとも一）の拡散を抑制する機能を有する導電性材料を用いることが好ましい。

[0361]

また、導電体 560a が酸素の拡散を抑制する機能を持つことにより、絶縁体 550 に含まれる酸素により、導電体 560b が酸化して導電率が低下することを抑制することができる。酸素の拡散を抑制する機能を有する導電性材料としては、例えば、チタン、窒化チタン、タンタル、窒化タンタル、ルテニウム、酸化ルテニウムなどを用いることが好ましい。

[0362]

また、導電体 560 は、配線としても機能するため、導電性が高い導電体を用いることが好ましい。例えば、導電体 560b は、タングステン、銅、またはアルミニウムを主成分とする導電性材料を用いることができる。また、導電体 560b は、積層構造とすることができる。具体的には、例えば、導電体 560b は、チタン、または窒化チタンと上記導電性材料との積層構造とすることができる。

[0363]

また、トランジスタ 500 では、導電体 560 は、絶縁体 580 などに形成されている開口を埋めるように自己整合的に形成される。導電体 560 をこのように形成することにより、導電体 542a と導電体 542b との間の領域に、導電体 560 を位置合わせすることなく確実に配置することができる。

[0364]

また、図 15B に示すように、トランジスタ 500 のチャネル幅方向において、絶縁体 522 の底面を基準としたときの、導電体 560 の、導電体 560 と酸化物 530b とが重ならない領域の底面の高さは、酸化物 530b の底面の高さより低いことが好ましい。ゲート電極として機能する導電体 560 が、絶縁体 550 などを介して、酸化物 530b のチャネル形成領域の側面および上面を覆う構成とすることで、導電体 560 の電界を酸化物 530b のチャネル形成領域全体に作用させやすくなる。よって、トランジスタ 500 のオン電流を増大させ、周波数特性を向上させることができる。絶縁体 522 の底面を基準としたときの、酸化物 530a および酸化物 530b と、導電体 560 とが、重ならない領域における導電体 560 の底面の高さと、酸化物 530b の底面の高さと、の差は、0 nm 以上、3 nm 以上、又は 5 nm 以上とすることが好ましく、かつ 20 nm

m以下、50 nm以下、又は100 nm以下とすることが好ましい。なお、上述した下限値、及び上限値はそれぞれ組み合わせることができるものとする。

[0365]

絶縁体580は、絶縁体544上に設けられ、絶縁体550、および導電体560が設けられる領域に開口が形成されている。また、絶縁体580の上面は、平坦化されていてもよい。

[0366]

層間膜として機能する絶縁体580は、誘電率が低いことが好ましい。誘電率が低い材料を層間膜とすることで、配線間に生じる寄生容量を低減することができる。絶縁体580は、例えば、絶縁体516と同様の材料を用いて設けることが好ましい。特に、酸化シリコンおよび酸化窒化シリコンは、熱的に安定であるため好ましい。特に、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、空孔を有する酸化シリコンなどの材料は、加熱により脱離する酸素を含む領域を容易に形成することができるため好ましい。

[0367]

絶縁体580は、絶縁体580中の水、水素などの不純物濃度は低減されていることが好ましい。例えば、絶縁体580は、酸化シリコン、酸化窒化シリコンなどのシリコンを含む酸化物を適宜用いればよい。

[0368]

絶縁体574は、水、水素などの不純物が、上方から絶縁体580に拡散するのを抑制するバリア絶縁膜として機能することが好ましく、水素などの不純物を捕獲する機能を有することが好ましい。また、絶縁体574は、酸素の透過を抑制するバリア絶縁膜として機能することが好ましい。絶縁体574としては、アモルファス構造を有する金属酸化物、例えば、酸化アルミニウムなどの絶縁体を用いればよい。この場合、絶縁体574は、少なくとも酸素と、アルミニウムと、を有する絶縁体となる。絶縁体512と絶縁体581に挟まれた領域内で、絶縁体580に接して、水素などの不純物を捕獲する機能を有する、絶縁体574を設けることで、絶縁体580などに含まれる水素などの不純物を捕獲し、当該領域内における、水素の量を一定値にすることができる。特に、絶縁体574として、アモルファス構造を有する酸化アルミニウムを用いることで、より効果的に水素を捕獲または固着できる場合があるため好ましい。これにより、良好な特性を有し、信頼性の高いトランジスタ500、および半導体装置を作製することができる。

[0369]

絶縁体576は、水、水素などの不純物が、上方から絶縁体580に拡散するのを抑制するバリア絶縁膜として機能する。絶縁体576は、絶縁体574の上に配置される。絶縁体576としては、窒化シリコンまたは窒化酸化シリコンなどの、シリコンを含む窒化物を用いることが好ましい。例えば、絶縁体576としてスパッタリング法で成膜された窒化シリコンを用いればよい。絶縁体576をスパッタリング法で成膜することで、密度が高い窒化シリコン膜を形成することができる。また、絶縁体576として、スパッタリング法で成膜された窒化シリコンの上に、さらに、PEALD法または、CVD法で成膜された窒化シリコンを積層してもよい。

[0370]

また、トランジスタ500の第1端子、又は第2端子の一方は、プラグとして機能する導電体540aに電氣的に接続され、トランジスタ500の第1端子、又は第2端子の他方は、導電体540bに電氣的に接続されている。なお、導電体540a、導電体540bなどは、上方の発光デバ

イス150などに電氣的に接続するための配線として機能する場合がある。また、図4の表示装置100の場合、導電体540a、導電体540bなどは、トランジスタ170などに電氣的に接続するための配線としてもよい。なお、本明細書等では、導電体540a、及び導電体540bをまとめて導電体540と呼ぶこととする。

[0371]

導電体540aは、一例として、導電体542aと重畳する領域に設けられている。具体的には、導電体542aと重畳する領域において、図15Aに示す絶縁体571、絶縁体544、絶縁体580、絶縁体574、絶縁体576、及び絶縁体581には開口部が形成されており、導電体540aは、当該開口部の内側に設けられている。また、導電体540bは、一例として、導電体542bと重畳する領域に設けられている。具体的には、導電体542bと重畳する領域において、図15Aに示す絶縁体571、絶縁体544、絶縁体580、絶縁体574、絶縁体576、及び絶縁体581には開口部が形成されており、導電体540bは、当該開口部の内側に設けられている。

[0372]

さらに、図15Aに示すとおり、導電体542aと重畳する領域の開口部の側面と導電体540aとの間には、不純物に対してバリア性を有する絶縁体として、絶縁体541aを設けてもよい。同様に、導電体542bと重畳する領域の開口部の側面と導電体540bとの間には、不純物に対してバリア性を有する絶縁体として、絶縁体541bを設けてもよい。なお、本明細書等では、絶縁体541a、及び絶縁体541bをまとめて絶縁体541と呼ぶこととする。

[0373]

導電体540aおよび導電体540bは、タングステン、銅、またはアルミニウムを主成分とする導電性材料を用いることが好ましい。また、導電体540aおよび導電体540bは積層構造としてもよい。

[0374]

また、導電体540を積層構造とする場合、絶縁体574、絶縁体576、絶縁体581、絶縁体580、絶縁体544、および絶縁体571の近傍に配置される第1の導電体には、水、水素などの不純物の透過を抑制する機能を有する導電性材料を用いることが好ましい。例えば、タンタル、窒化タンタル、チタン、窒化チタン、ルテニウム、酸化ルテニウムなどを用いることが好ましい。また、水、水素などの不純物の透過を抑制する機能を有する導電性材料は、単層または積層で用いてもよい。また、絶縁体576より上層に含まれる水、水素などの不純物が、導電体540aおよび導電体540bを通じて酸化物530に混入することを抑制することができる。

[0375]

絶縁体541aおよび絶縁体541bとしては、絶縁体544などに用いることができるバリア絶縁膜を用いればよい。例えば、絶縁体541aおよび絶縁体541bとして、窒化シリコン、酸化アルミニウム、窒化酸化シリコンなどの絶縁体を用いればよい。絶縁体541aおよび絶縁体541bは、絶縁体574、絶縁体576、および絶縁体571に接して設けられるので、絶縁体580などに含まれる水、水素などの不純物が、導電体540aおよび導電体540bを通じて酸化物530に混入するのを抑制することができる。特に、窒化シリコンは水素に対するブロッキング性が高いので好適である。また、絶縁体580に含まれる酸素が導電体540aおよび導電体540bに吸収されるのを防ぐことができる。

[0376]

絶縁体 541a および絶縁体 541b を、図 15A に示すように積層構造にする場合、絶縁体 580 などの開口の内壁に接する第 1 の絶縁体と、その内側の第 2 の絶縁体は、酸素に対するバリア絶縁膜と、水素に対するバリア絶縁膜を組み合わせる用いることが好ましい。

[0377]

例えば、第 1 の絶縁体として、ALD 法で成膜された酸化アルミニウムを用い、第 2 の絶縁体として、PEALD 法で成膜された窒化シリコンを用いればよい。このような構成にすることで、導電体 540 の酸化を抑制し、さらに、導電体 540 に水素が混入するのを低減することができる。

[0378]

なお、トランジスタ 500 では、絶縁体 541 の第 1 の絶縁体および絶縁体 541 の第 2 の導電体を積層する構成について示しているが、本発明はこれに限られるものではない。例えば、絶縁体 541 を単層、または 3 層以上の積層構造として設ける構成にしてもよい。また、トランジスタ 500 では、導電体 540 の第 1 の導電体および導電体 540 の第 2 の導電体を積層する構成について示しているが、本発明はこれに限られるものではない。例えば、導電体 540 を単層、または 3 層以上の積層構造として設ける構成にしてもよい。

[0379]

なお、本発明の一態様の半導体装置に含まれるトランジスタの構造は、図 15A、及び図 15B に示したトランジスタ 500 に限定されない。本発明の一態様の半導体装置に含まれるトランジスタの構造は、状況に応じて、変更してもよい。

[0380]

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

[0381]

(実施の形態 3)

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

[0382]

金属酸化物は、少なくともインジウムまたは亜鉛を含むことが好ましい。特にインジウムおよび亜鉛を含むことが好ましい。また、それらに加えて、アルミニウム、ガリウム、イットリウム、スズなどが含まれていることが好ましい。また、ホウ素、シリコン、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、マグネシウム、コバルトなどから選ばれた一種、または複数種が含まれていてもよい。

[0383]

<結晶構造の分類>

まず、酸化物半導体における、結晶構造の分類について、図 17A を用いて説明を行う。図 17A は、酸化物半導体、代表的には IGZO (In と、Ga と、Zn と、を含む金属酸化物) の結晶構造の分類を説明する図である。

[0384]

図 17A に示すように、酸化物半導体は、大きく分けて「Amorphous (無定形)」と、「Crystalline (結晶性)」と、「Crystal (結晶)」と、に分類される。また、「Amorphous」の中には、completely amorphous が含まれる。また、「Crystalline」の中には、CAAC (c-axis-aligned crystal)

lline)、nc (nanocrystalline)、及びCAC (Cloud-Aligned Composite) が含まれる (excluding single crystal and poly crystal)。なお、「Crystalline」の分類には、single crystal、poly crystal、及びcompletely amorphousは除かれる。また、「Crystal」の中には、single crystal、及びpoly crystalが含まれる。

[0385]

なお、図17Aに示す太枠内の構造は、「Amorphous (無定形)」と、「Crystal (結晶)」との間の中間状態であり、新しい境界領域 (New crystalline phase) に属する構造である。すなわち、当該構造は、エネルギー的に不安定な「Amorphous (無定形)」、及び「Crystal (結晶)」とは全く異なる構造と言い換えることができる。

[0386]

なお、膜または基板の結晶構造は、X線回折 (XRD: X-Ray Diffraction) スペクトルを用いて評価することができる。ここで、「Crystalline」に分類されるCAAC-IGZO膜のGIXD (Grazing-Incidence XRD) 測定で得られるXRDスペクトルを図17Bに示す (縦軸は強度 (Intensity) を任意単位 (a. u.) で表している)。なお、GIXD法は、薄膜法またはSeemann-Bohlin法ともいう。以降、図17Bに示すGIXD測定で得られるXRDスペクトルを、単にXRDスペクトルと記す場合がある。なお、図17Bに示すCAAC-IGZO膜の組成は、In:Ga:Zn=4:2:3 [原子数比] 近傍である。また、図17Bに示すCAAC-IGZO膜の厚さは、500nmである。

[0387]

図17Bに示すように、CAAC-IGZO膜のXRDスペクトルでは、明確な結晶性を示すピークが検出される。具体的には、CAAC-IGZO膜のXRDスペクトルでは、 $2\theta = 31^\circ$ 近傍に、c軸配向を示すピークが検出される。なお、図17Bに示すように、 $2\theta = 31^\circ$ 近傍のピークは、ピーク強度 (Intensity) が検出された角度を軸に左右非対称である。

[0388]

また、膜または基板の結晶構造は、極微電子線回折法 (NBED: Nano Beam Electron Diffraction) によって観察される回折パターン (極微電子線回折パターンともいう。) にて評価することができる。CAAC-IGZO膜の回折パターンを、図17Cに示す。図17Cは、電子線を基板に対して平行に入射するNBEDによって観察される回折パターンである。なお、図17Cに示すCAAC-IGZO膜の組成は、In:Ga:Zn=4:2:3 [原子数比] 近傍である。また、極微電子線回折法では、プローブ径を1nmとして電子線回折が行われる。

[0389]

図17Cに示すように、CAAC-IGZO膜の回折パターンでは、c軸配向を示す複数のスポットが観察される。

[0390]

<<酸化物半導体の構造>>

なお、酸化物半導体は、結晶構造に着目した場合、図17Aとは異なる分類となる場合がある。例えば、酸化物半導体は、単結晶酸化物半導体と、それ以外の非単結晶酸化物半導体と、に分けられる。非単結晶酸化物半導体としては、例えば、上述のCAAC-OS、及びnc-OSがある。また、非単結晶酸化物半導体には、多結晶酸化物半導体、擬似非晶質酸化物半導体（a-like OS: amorphous-like oxide semiconductor）、非晶質酸化物半導体、などが含まれる。

[0391]

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

[0392]

[CAAC-OS]

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

[0393]

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

[0394]

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

[0395]

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

[0396]

また、例えば、CAAC-OS膜の電子線回折パターンにおいて、複数の輝点（スポット）が観

測される。なお、あるスポットと別のスポットとは、試料を透過した入射電子線のスポット（ダイレクトスポットともいう。）を対称中心として、点対称の位置に観測される。

[0397]

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

[0398]

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

[0399]

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

[0400]

[nc-OS]

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

う。)を行うと、ダイレクトスポットを中心とするリング状の領域内に複数のスポットが観測される電子線回折パターンが取得される場合がある。

[0401]

[a-like OS]

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

[0402]

<<酸化物半導体の構成>>

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

[0403]

[CAC-OS]

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

[0404]

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

[0405]

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

[0406]

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

[0407]

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

[0408]

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

[0409]

CAC-OSをトランジスタに用いる場合、第1の領域に起因する導電性と、第2の領域に起因する絶縁性とが、相補的に作用することにより、スイッチングさせる機能（On/Offさせる機能）をCAC-OSに付与することができる。つまり、CAC-OSとは、材料の一部では導電性の機能と、材料の一部では絶縁性の機能とを有し、材料の全体では半導体としての機能を有する。導電性の機能と絶縁性の機能とを分離させることで、双方の機能を最大限に高めることができる。よって、CAC-OSをトランジスタに用いることで、高いオン電流（ I_{on} ）、高い電界効果移動度（ μ ）、および良好なスイッチング動作を実現することができる。

[0410]

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

[0411]

<酸化物半導体を有するトランジスタ>

続いて、上記酸化物半導体をトランジスタに用いる場合について説明する。

[0412]

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

[0413]

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

[0414]

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

[0415]

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

[0416]

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

[0417]

<不純物>

ここで、酸化物半導体中における各不純物の影響について説明する。

[0418]

酸化物半導体において、第14族元素の一つであるシリコン、炭素が含まれると、酸化物半導体において欠陥準位が形成される。このため、酸化物半導体におけるシリコン、炭素の濃度と、酸化物半導体との界面近傍のシリコン、炭素の濃度（二次イオン質量分析法（SIMS: Secondary Ion Mass Spectrometry）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。

[0419]

また、酸化物半導体にアルカリ金属又はアルカリ土類金属が含まれると、欠陥準位を形成し、キャリアを生成する場合がある。従って、アルカリ金属又はアルカリ土類金属が含まれている酸化物半導体を用いたトランジスタはノーモリーオン特性となりやすい。このため、SIMSにより得られる酸化物半導体中のアルカリ金属又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。

[0420]

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

[0421]

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

[0422]

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

[0423]

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

[0424]

(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の一例として、表示装置が適用されたヘッドマウントディスプレイの例について説明する。

[0425]

図18A及び図18Bには、ヘッドマウントディスプレイ8300の外観を示している。

[0426]

ヘッドマウントディスプレイ8300は、筐体8301、表示部8302、操作ボタン8303、及びバンド状の固定具8304を有する。

[0427]

操作ボタン8303は、電源ボタンなどの機能を有する。また、ヘッドマウントディスプレイ8300は、操作ボタン8303の他にボタンを有していてもよい。

[0428]

また、図18Cに示すように、表示部8302と使用者の目の位置との間に、レンズ8305を有していてもよい。レンズ8305により、使用者は表示部8302を拡大してみることができ、より臨場感が高まる。このとき、図18Cに示すように、視度調節のためにレンズの位置を変化させるダイヤル8306を有していてもよい。

[0429]

表示部8302に、本発明の一態様の表示装置を適用することができる。本発明の一態様の表示装置は、極めて精細度が高いため、図18Cのようにレンズ8305を用いて拡大したとしても、使用者に画素が視認されることなく、より現実感の高い映像を表示することができる。

[0430]

図18A乃至図18Cには、1枚の表示部8302を有する場合の例を示している。このような構成とすることで、部品点数を削減することができる。

[0431]

表示部8302は、左右2つの領域にそれぞれ右目用の画像と、左目用の画像の2つの画像を並べて表示することができる。これにより、両眼視差を用いた立体映像を表示することができる。

[0432]

また、表示部8302の全域に亘って、両方の目で視認可能な一つの画像を表示してもよい。これにより、視野の両端に亘ってパノラマ映像を表示することが可能となるため、現実感が高まる。

[0433]

ここで、ヘッドマウントディスプレイ8300は、表示部8302は、ユーザの頭部の大きさ、または目の位置などに応じて、表示部8302の曲率を適切な値に変化させる機構を有することが好ましい。例えば、表示部8302の曲率を調整するためのダイヤル8307を操作することで、ユーザ自身が表示部8302の曲率を調整してもよい。または、筐体8301にユーザの頭部の大きさ、または目の位置などを検出するセンサ（例えばカメラ、接触式センサ、非接触式センサなど）を設け、センサの検出データに基づいて表示部8302の曲率を調整する機構を有していてもよい。

[0434]

また、レンズ8305を用いる場合には、表示部8302の曲率と同期して、レンズ8305の

位置及び角度を調整する機構を備えることが好ましい。または、ダイヤル 8306 が、レンズの角度を調整する機能を有していてもよい。

[0435]

図 18E 及び図 18F には、表示部 8302 の曲率を制御する駆動部 8308 を備える例を示している。駆動部 8308 は、表示部 8302 の少なくとも一部と固定されている。駆動部 8308 は、表示部 8302 と固定される部分に変形または移動することにより、表示部 8302 を変形させる機能を有する。

[0436]

図 18E には、頭部の大きさが比較的大きなユーザ 8310 が筐体 8301 を装着している場合の模式図である。このとき、表示部 8302 の形状が、曲率が比較的小さく（曲率半径が大きく）なるように、駆動部 8308 により調整されている。

[0437]

一方、図 18F には、ユーザ 8310 と比較して頭部の大きさが小さいユーザ 8311 が、筐体 8301 を装着している場合を示している。また、ユーザ 8311 は、ユーザ 8310 と比較して、両目の間隔が狭い。このとき、表示部 8302 の形状は、表示部 8302 の曲率が大きく（曲率半径が小さく）なるように、駆動部 8308 により調整される。図 18F には、図 18E での表示部 8302 の位置及び形状を破線で示している。

[0438]

このように、ヘッドマウントディスプレイ 8300 は、表示部 8302 の曲率を調整する機構を有することで、老若男女様々なユーザに、最適な表示を提供することができる。

[0439]

また、表示部 8302 に表示するコンテンツに応じて、表示部 8302 の曲率を変化させることで、ユーザに高い臨場感を与えることもできる。例えば、表示部 8302 の曲率を振動させることで揺れを表現することができる。このように、コンテンツ内の場面に合わせた様々な演出をすることができ、ユーザに新たな体験を提供することができる。さらにこのとき、筐体 8301 に設けた振動モジュールと連動させることにより、より臨場感の高い表示が可能となる。

[0440]

なお、ヘッドマウントディスプレイ 8300 は、図 18D に示すように 2 つの表示部 8302 を有していてもよい。

[0441]

2 つの表示部 8302 を有することで、使用者は片方の目につき 1 つの表示部を見ることができる。これにより、視差を用いた 3 次元表示等を行う際であっても、高い解像度の映像を表示することができる。また、表示部 8302 は使用者の目を概略中心とした円弧状に湾曲している。これにより、使用者の目から表示部の表示面までの距離が一定となるため、使用者はより自然な映像を見ることができる。また、表示部からの光の輝度及び色度が見る角度によって変化してしまうような場合であっても、表示部の表示面の法線方向に使用者の目が位置するため、実質的にその影響を無視することができるため、より現実感のある映像を表示することができる。

[0442]

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

[0443]

(実施の形態 5)

本実施の形態では、本発明の一態様の表示装置を用いて作製することができる表示モジュールについて説明する。

[0444]

図19Aに示す表示モジュール6000は、上部カバー6001と下部カバー6002との間に、FPC6005が接続された表示装置6006、フレーム6009、プリント基板6010、及びバッテリー6011を有する。

[0445]

例えば、本発明の一態様を用いて作製された表示装置を、表示装置6006に用いることができる。表示装置6006により、極めて消費電力の低い表示モジュールを実現することができる。

[0446]

上部カバー6001及び下部カバー6002は、表示装置6006のサイズに合わせて、形状及び寸法を適宜変更することができる。

[0447]

表示装置6006はタッチパネルとしての機能を有していてもよい。

[0448]

フレーム6009は、表示装置6006の保護機能、プリント基板6010の動作により発生する電磁波を遮断する機能、放熱板としての機能等を有していてもよい。

[0449]

プリント基板6010は、電源回路、ビデオ信号及びクロック信号を出力するための信号処理回路、バッテリー制御回路等を有する。

[0450]

図19Bは、光学式のタッチセンサを備える表示モジュール6000の断面概略図である。

[0451]

表示モジュール6000は、プリント基板6010に設けられた発光部6015及び受光部6016を有する。また、上部カバー6001と下部カバー6002により囲まれた領域に一对の導光部(導光部6017a、導光部6017b)を有する。

[0452]

表示装置6006は、フレーム6009を間に介してプリント基板6010及びバッテリー6011と重ねて設けられている。表示装置6006とフレーム6009は、導光部6017a、導光部6017bに固定されている。

[0453]

発光部6015から発せられた光6018は、導光部6017aにより表示装置6006の上部を經由し、導光部6017bを通して受光部6016に達する。例えば指またはスタイラスなどの被検知体により、光6018が遮られることにより、タッチ操作を検出することができる。

[0454]

発光部6015は、例えば表示装置6006の隣接する2辺に沿って複数設けられる。受光部6016は、発光部6015と対向する位置に複数設けられる。これにより、タッチ操作がなされた位置の情報を取得することができる。

[0455]

発光部6015は、例えばLED素子などの光源を用いることができ、特に、赤外線を発する光源を用いることが好ましい。受光部6016は、発光部6015が発する光を受光し、電気信号に変換する光電素子を用いることができる。好適には、赤外線を受光可能なフォトダイオードを用いることができる。

[0456]

光6018を透過する導光部6017a、導光部6017bにより、発光部6015と受光部6016とを表示装置6006の下側に配置することができ、外光が受光部6016に到達してタッチセンサが誤動作することを抑制できる。特に、可視光を吸収し、赤外線を透過する樹脂を用いると、タッチセンサの誤動作をより効果的に抑制できる。

[0457]

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

[0458]

(実施の形態6)

本実施の形態では、本発明の一態様の表示装置を適用可能な、電子機器の例について説明する。

[0459]

図20A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。

[0460]

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。

[0461]

表示部6502に、本発明の一態様の表示装置を適用することができる。

[0462]

図20Bは、筐体6501のマイク6506側の端部を含む断面概略図である。

[0463]

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、バッテリー6518等が配置されている。

[0464]

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が図示しない接着層により固定されている。

[0465]

また、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いる。また、当該折り返された部分に、FPC6515が接続されている。FPC6515には、IC6516が実装されている。またFPC6515は、プリント基板6517に設けられた端子に接続されている。

[0466]

表示パネル6511には、例えば、フレキシブルディスプレイパネルを適用することができる。そのため、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 6 5 1 8 を搭載することもできる。また、表示パネル 6 5 1 1 の一部を折り返して、画素部の裏側に F P C 6 5 1 5 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。

[0 4 6 7]

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

[0 4 6 8]

(実施の形態 7)

本実施の形態では、本発明の一態様を用いて作製された表示装置を備える電子機器について説明する。

[0 4 6 9]

以下で例示する電子機器は、表示部に本発明の一態様の表示装置を備えるものである。したがって、高い解像度が実現された電子機器である。また高い解像度と、大きな画面が両立された電子機器とすることができる。

[0 4 7 0]

本発明の一態様は、表示装置と、アンテナ、バッテリー、筐体、カメラ、スピーカ、マイク、タッチセンサ、及び操作ボタンのうち、少なくとも一つと、を有する。

[0 4 7 1]

本発明の一態様の電子機器は、二次電池を有していてもよく、非接触電力伝送を用いて、二次電池を充電することができると好ましい。

[0 4 7 2]

二次電池としては、例えば、ゲル状電解質を用いるリチウムポリマー電池（リチウムイオンポリマー電池）等のリチウムイオン二次電池、ニッケル水素電池、ニカド電池、有機ラジカル電池、鉛蓄電池、空気二次電池、ニッケル亜鉛電池、銀亜鉛電池などが挙げられる。

[0 4 7 3]

本発明の一態様の電子機器は、アンテナを有していてもよい。アンテナで信号を受信することで、表示部で映像、情報等の表示を行うことができる。また、電子機器がアンテナ及び二次電池を有する場合、アンテナを、非接触電力伝送に用いてもよい。

[0 4 7 4]

本発明の一態様の電子機器の表示部には、例えばフルハイビジョン、4 K 2 K、8 K 4 K、1 6 K 8 K、またはそれ以上の解像度を有する映像を表示させることができる。

[0 4 7 5]

電子機器としては、例えば、テレビジョン装置、ノート型のパーソナルコンピュータ、モニタ装置、デジタルサイネージ、パチンコ機、ゲーム機など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、音響再生装置、などが挙げられる。

[0 4 7 6]

本発明の一態様が適用された電子機器は、家屋、またはビルなどの建物の内壁または外壁、自動車等の内装または外装等が有する平面または曲面に沿って組み込むことができる。

[0 4 7 7]

図 2 1 A は、ファインダー 8 1 0 0 を取り付けた状態のカメラ 8 0 0 0 の外観を示す図である。

[0478]

カメラ8000は、筐体8001、表示部8002、操作ボタン8003、シャッターボタン8004等を有する。またカメラ8000には、着脱可能なレンズ8006が取り付けられている。

[0479]

なおカメラ8000は、レンズ8006と筐体とが一体となってもよい。

[0480]

カメラ8000は、シャッターボタン8004を押す、またはタッチパネルとして機能する表示部8002をタッチすることにより撮像することができる。

[0481]

筐体8001は、電極を有するマウントを有し、ファインダー8100のほか、ストロボ装置等を接続することができる。

[0482]

ファインダー8100は、筐体8101、表示部8102、ボタン8103等を有する。

[0483]

筐体8101は、カメラ8000のマウントと係合するマウントにより、カメラ8000に取り付けられている。ファインダー8100はカメラ8000から受信した映像等を表示部8102に表示させることができる。

[0484]

ボタン8103は、電源ボタン等としての機能を有する。

[0485]

カメラ8000の表示部8002、及びファインダー8100の表示部8102に、本発明の一態様の表示装置を適用することができる。なお、ファインダーが内蔵されたカメラ8000であってもよい。

[0486]

図21Bは、ウェアラブル端末の一例である情報端末5900の外観を示す図である。情報端末5900は、筐体5901、表示部5902、操作ボタン5903、操作子5904、バンド5905などを有する。

[0487]

ウェアラブル端末は、上記実施の形態で説明した表示装置を適用することで、表示部5902において、表示品位の高い画像を表示することができる。

[0488]

図21Cは、ゲーム機の一例である携帯ゲーム機5200の外観を示す図である。携帯ゲーム機5200は、筐体5201、表示部5202、ボタン5203等を有する。

[0489]

また、携帯ゲーム機5200の映像は、テレビジョン装置、パーソナルコンピュータ用ディスプレイ、ゲーム用ディスプレイ、ヘッドマウントディスプレイなどの表示装置によって、出力することができる。

[0490]

携帯ゲーム機5200に上記実施の形態で説明した表示装置を適用することによって、表示部5202において、表示品位の高い画像を表示することができる。また、低消費電力の携帯ゲーム機

5200を実現することができる。また、低消費電力により、回路からの発熱を低減することができるため、発熱によるその回路自体、周辺回路、及びモジュールへの影響を少なくすることができる。

[0491]

図22Aは、ヘッドマウントディスプレイ8200の外観を示す図である。

[0492]

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

[0493]

ケーブル8205は、バッテリー8206から本体8203に電力を供給する。本体8203は無線受信機等を備え、受信した映像情報を表示部8204に表示させることができる。また、本体8203はカメラを備え、使用者の眼球またはまぶたの動きの情報を入力手段として用いることができる。

[0494]

また、装着部8201には、使用者に触れる位置に、使用者の眼球の動きに伴って流れる電流を検知可能な複数の電極が設けられ、視線を認識する機能を有していてもよい。また、当該電極に流れる電流により、使用者の脈拍をモニタする機能を有していてもよい。また、装着部8201には、温度センサ、圧力センサ、加速度センサ等の各種センサを有していてもよく、使用者の生体情報を表示部8204に表示する機能、使用者の頭部の動きに合わせて表示部8204に表示する映像を変化させる機能などを有していてもよい。

[0495]

表示部8204に、本発明の一態様の表示装置を適用することができる。

[0496]

図22B、図22C、及び図22Dは、ヘッドマウントディスプレイ8300の外観を示す図である。ヘッドマウントディスプレイ8300は、筐体8301と、表示部8302と、バンド状の固定具8304と、一対のレンズ8305と、を有する。

[0497]

使用者は、レンズ8305を通して、表示部8302の表示を視認することができる。なお、表示部8302を湾曲して配置させると、使用者が高い臨場感を感じることができるため好ましい。また、表示部8302の異なる領域に表示された別の画像を、レンズ8305を通して視認することで、視差を用いた3次元表示等を行うこともできる。なお、表示部8302を1つ設ける構成に限られず、表示部8302を2つ設け、使用者の片方の目につき1つの表示部を配置してもよい。

[0498]

なお、表示部8302に、本発明の一態様の表示装置を適用することができる。本発明の一態様の半導体装置を有する表示装置は、極めて精細度が高いため、図22Dのようにレンズ8305を用いて拡大したとしても、使用者に画素が視認されることなく、より現実感の高い映像を表示することができる。

[0499]

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

[符号の説明]

[0500]

KKB：開口部、100：表示装置、101：基板、102：基板、111：絶縁体、112：絶縁体、112a：絶縁体、112b：絶縁体、113：絶縁体、113a：絶縁体、113b：絶縁体、113c：絶縁体、116：絶縁体、117：絶縁体、121：導電体、121a：導電体、121b：導電体、121c：導電体、122：導電体、126：導電体、131__1：樹脂、131__2：樹脂、132__1：樹脂、132__2：樹脂、133：保護層、141：EL層、141A：EL層、141a：EL層、141B：EL層、141b：EL層、141c：EL層、142：EL層、150：発光デバイス、150a：発光デバイス、150b：発光デバイス、150c：発光デバイス、161：樹脂層、162a：着色層、162b：着色層、162c：着色層、163：ブラックマトリクス、170：トランジスタ、171：素子分離層、172a：低抵抗領域、172b：低抵抗領域、173：半導体領域、174：絶縁体、175：導電体、500：トランジスタ、503：導電体、503a：導電体、503b：導電体、512：絶縁体、514：絶縁体、516：絶縁体、522：絶縁体、524：絶縁体、530：酸化物、530a：酸化物、530b：酸化物、530ba：領域、530bb：領域、530bc：領域、540：導電体、540a：導電体、540b：導電体、541：絶縁体、541a：絶縁体、541b：絶縁体、542：導電体、542a：導電体、542b：導電体、544：絶縁体、550：絶縁体、550a：絶縁体、550b：絶縁体、552：絶縁体、554：絶縁体、560：導電体、560a：導電体、560b：導電体、571：絶縁体、571a：絶縁体、571b：絶縁体、574：絶縁体、576：絶縁体、580：絶縁体、581：絶縁体、4400a：発光ユニット、4400b：発光ユニット、4411：発光層、4412：発光層、4413：発光層、4420：層、4430：層、4440：中間層、5200：携帯ゲーム機、5201：筐体、5202：表示部、5203：ボタン、5900：情報端末、5901：筐体、5902：表示部、5903：操作ボタン、5904：操作子、5905：バンド、6000：表示モジュール、6001：上部カバー、6002：下部カバー、6005：FPC、6006：表示装置、6009：フレーム、6010：プリント基板、6011：バッテリー、6015：発光部、6016：受光部、6017a：導光部、6017b：導光部、6018：光、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、8000：カメラ、8001：筐体、8002：表示部、8003：操作ボタン、8004：シャッターボタン、8006：レンズ、8100：ファインダー、8101：筐体、8102：表示部、8103：ボタン、8200：ヘッドマウントディスプレイ、8201：装着部、8202：レンズ、8203：本体、8204：表示部、8205：ケーブル、8206：バッテリー、8300：ヘッドマウントディスプレイ、8301：筐体、8302：表示部、8303：操作ボタン、8304：固定具、8305：レンズ、8306：ダイヤル、8307：ダイヤル、8308：駆動部、8310：ユーザ、8311：ユーザ

請求の範囲

[請求項 1]

第 1 絶縁体と、第 2 絶縁体と、第 3 絶縁体と、第 1 導電体と、第 2 導電体と、第 1 E L 層と、第 2 E L 層と、を有する表示装置の作製方法であって、

第 1 ステップ乃至第 1 2 ステップを有し、

前記第 1 ステップは、前記第 1 絶縁体上に前記第 1 導電体が形成されるステップを有し、

前記第 2 ステップは、前記第 1 絶縁体上と、前記第 1 導電体上と、に前記第 2 絶縁体が形成されるステップを有し、

前記第 3 ステップは、前記第 2 絶縁体の、前記第 2 絶縁体が前記第 1 導電体と重畳する領域において、前記第 1 導電体に達する第 1 開口部が形成されるステップを有し、

前記第 4 ステップは、前記第 2 絶縁体上と、前記第 1 開口部の底面に位置する前記第 1 導電体上と、に犠牲層が形成されるステップを有し、

前記第 5 ステップは、前記犠牲層上にフォトレジストが塗布されるステップを有し、

前記第 6 ステップは、前記フォトレジストに対して、露光、及び現像が行われ、前記フォトレジストの前記第 1 導電体に重畳する領域に、前記犠牲層に達する、逆テーパ構造の第 2 開口部が形成されるステップを有し、

前記第 7 ステップは、前記第 2 開口部の底面に位置する前記犠牲層の、前記第 1 開口部に重畳する領域と前記第 2 絶縁体に重畳する領域と、において、前記第 1 開口部の底面に位置する前記第 1 導電体と、前記第 2 絶縁体と、に達する第 3 開口部が形成されるステップを有し、

前記第 8 ステップは、前記フォトレジスト上と、前記犠牲層上と、前記第 1 導電体上と、に前記第 1 E L 層が形成されるステップを有し、

前記第 9 ステップは、前記フォトレジストと、前記犠牲層と、前記フォトレジスト及び前記犠牲層のそれぞれの上面に形成された前記第 1 E L 層が除去される、ステップを有し、

前記第 1 0 ステップは、前記第 1 E L 層上と、前記第 2 絶縁体上と、に前記第 2 E L 層が形成されるステップを有し、

前記第 1 1 ステップは、前記第 2 E L 層上に、前記第 2 導電体が形成されるステップを有し、

前記第 1 2 ステップは、前記第 2 導電体上に、前記第 3 絶縁体が形成されるステップを有する、表示装置の作製方法。

[請求項 2]

第 1 絶縁体と、第 2 絶縁体と、第 3 絶縁体と、第 1 導電体と、第 2 導電体と、第 1 E L 層と、第 2 E L 層と、を有する表示装置の作製方法であって、

第 1 ステップ乃至第 1 2 ステップを有し、

前記第 1 ステップは、前記第 1 絶縁体上に前記第 1 導電体が形成されるステップを有し、

前記第 2 ステップは、前記第 1 絶縁体上と、前記第 1 導電体上と、に前記第 2 絶縁体が形成されるステップを有し、

前記第 3 ステップは、

前記第 2 絶縁体の、前記第 2 絶縁体が前記第 1 導電体と重畳する領域において、前記第 1 導電体に達する第 1 開口部が形成されるステップと、

前記第 2 絶縁体の、前記第 2 絶縁体が前記第 1 導電体と重畳せず、且つ前記第 1 絶縁体と重畳する領域において、第 4 開口部が形成されるステップと、を有し、

前記第4ステップは、前記第2絶縁体上と、前記第1開口部の底面に位置する前記第1導電体上と、に犠牲層が形成されるステップを有し、

前記第5ステップは、前記犠牲層上にフォトレジストが塗布されるステップを有し、

前記第6ステップは、前記フォトレジストに対して、露光、及び現像が行われ、前記フォトレジストの前記第1導電体及び前記第4開口部に重畳する領域に、前記犠牲層に達する、逆テーパ構造の第2開口部が形成されるステップを有し、

前記第7ステップは、前記第2開口部の底面に位置する前記犠牲層の、前記第1導電体に重畳する領域と、前記第2絶縁体に重畳する領域と、において、前記第1開口部の底面に位置する前記第1導電体と、前記第2絶縁体と、に達し、かつ側面が前記第4開口部の底面、及び／又は側面に重畳する第3開口部が形成されるステップを有し、

前記第8ステップは、前記フォトレジスト上と、前記犠牲層上と、前記第1導電体上と、に前記第1EL層が形成されるステップを有し、

前記第9ステップは、前記フォトレジストと、前記犠牲層と、前記フォトレジスト及び前記犠牲層のそれぞれの上面に形成された前記第1EL層が除去される、ステップを有し、

前記第10ステップは、前記第1EL層上と、前記第2絶縁体上と、前記第4開口部上と、に前記第2EL層が形成されるステップを有し、

前記第11ステップは、前記第2EL層上に、前記第2導電体が形成されるステップを有し、

前記第12ステップは、前記第2導電体上に、前記第3絶縁体が形成されるステップを有する、表示装置の作製方法。

[請求項3]

請求項1、又は請求項2において、

前記第1EL層は、正孔輸送層又は電子輸送層の一方と、発光層と、を有し、

前記第2EL層は、前記正孔輸送層又は前記電子輸送層の他方を有する、

表示装置の作製方法。

[請求項4]

請求項1乃至請求項3のいずれか一において、

第13ステップと、第14ステップと、を有し、

前記第13ステップは、前記第3絶縁体上に、樹脂層が形成されるステップを有し、

前記第14ステップは、前記樹脂層上に、基板が貼り合わされるステップを有する、

表示装置の作製方法。

[請求項5]

請求項4において、

前記基板は、着色層を有し、

前記第14ステップでは、前記第1EL層に前記着色層が重畳する位置で、前記樹脂層上に、前記基板が貼り合わされる、

表示装置の作製方法。

[請求項6]

第1絶縁体と、第2絶縁体と、第3絶縁体と、第1導電体と、第2導電体と、第1EL層と、第2EL層と、を有し、

前記第1導電体は、前記第1絶縁体上に位置し、

前記第2絶縁体は、前記第1絶縁体上と、前記第1導電体上と、に位置し、
前記第2絶縁体は、

前記第2絶縁体が前記第1導電体と重畳する領域に位置する前記第1導電体に達する第1開口部と、

前記第2絶縁体が前記第1導電体と重畳せず、且つ前記第1絶縁体と重畳する領域に位置する第4開口部と、を有し、

前記第1EL層は、前記第2絶縁体上と、前記第1開口部の底面に位置する前記第1導電体上と、に位置し、

前記第2EL層は、前記第1EL層上と、前記第2絶縁体上と、前記第4開口部の底面に位置する前記第1絶縁体の上方と、に位置し、

前記第2導電体は、前記第2EL層上に位置し、

前記第3絶縁体は、前記第2導電体上に位置する、
表示装置。

[請求項7]

請求項6において、

前記第1EL層は、正孔輸送層又は電子輸送層の一方と、発光層と、を有し、

前記第2EL層は、前記正孔輸送層又は前記電子輸送層の他方を有する、
表示装置。

[請求項8]

請求項6、又は請求項7において、

樹脂層と、基板と、を有し、

前記樹脂層は、前記第3絶縁体上に位置し、

前記基板は、前記樹脂層上に位置する、

表示装置。

[請求項9]

請求項8において、

前記基板は、前記第1EL層に重畳する位置に着色層を有する、

表示装置。

[請求項10]

請求項6乃至請求項9のいずれか一の表示装置と、筐体と、を有する、

電子機器。

図 1

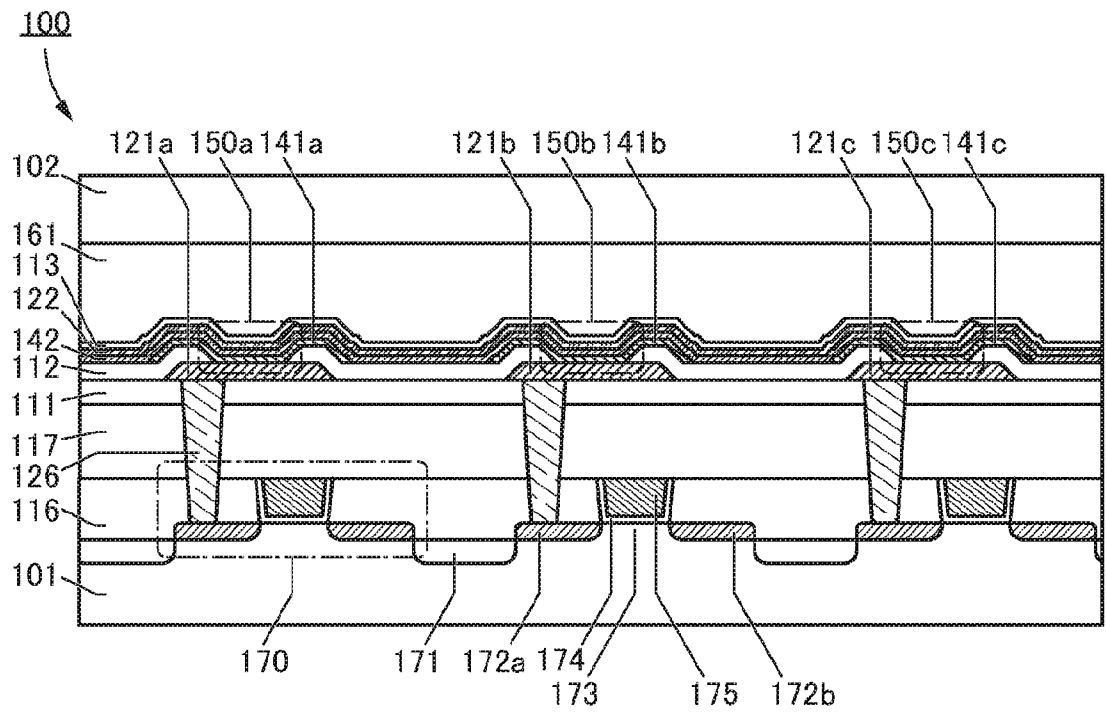


図2A

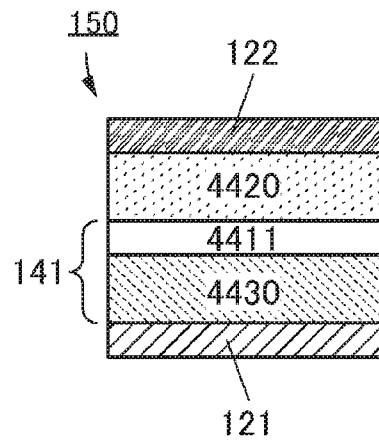


図2B

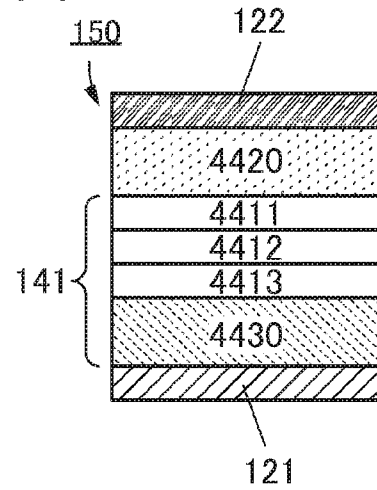


図2C

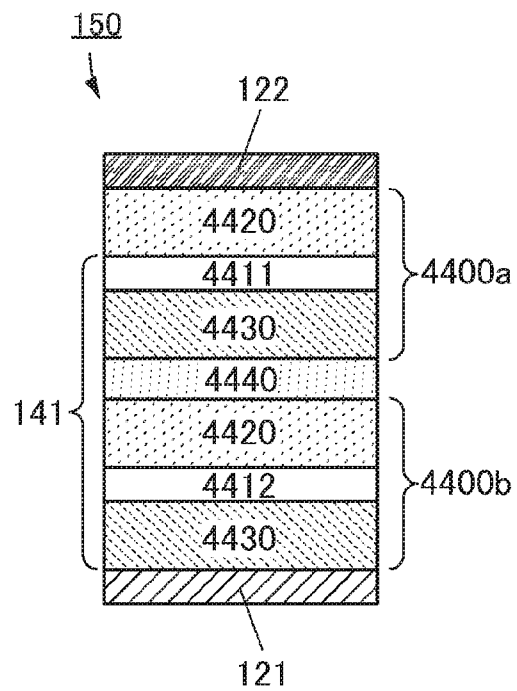


図3

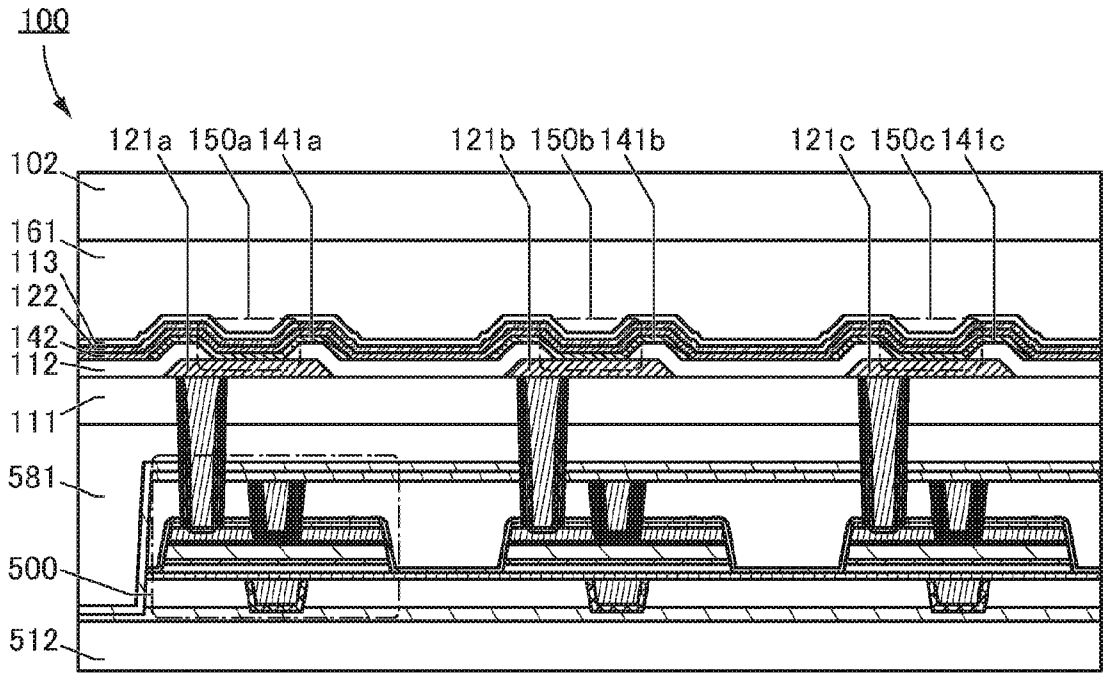


图4

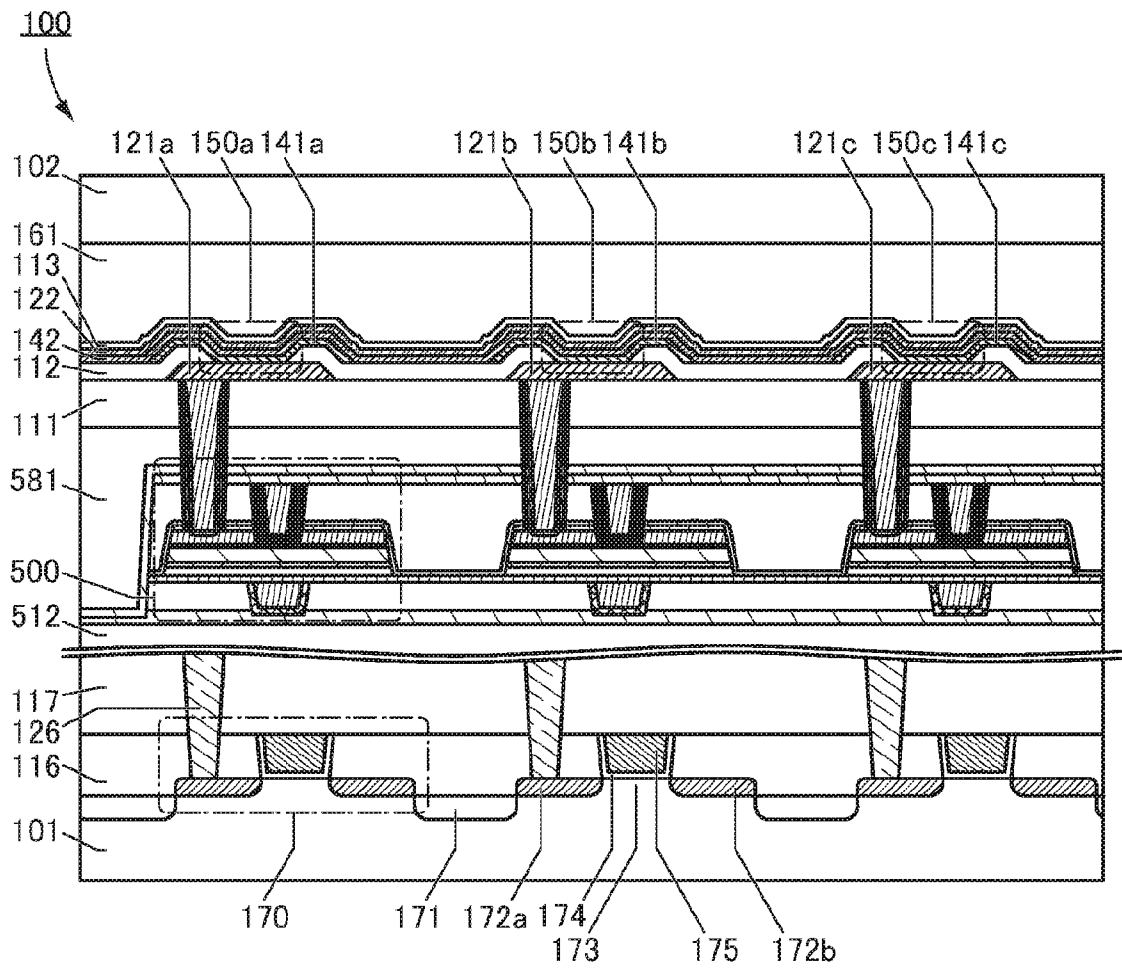


図5A

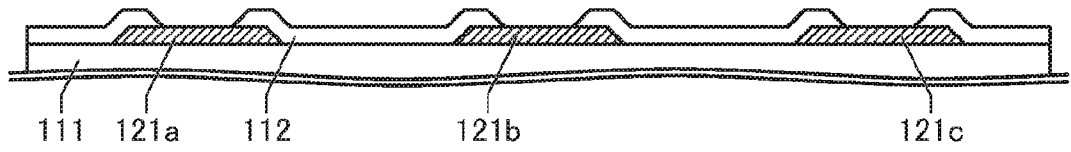


図5B

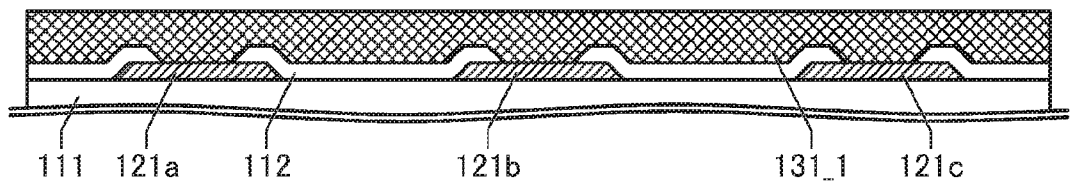


図5C

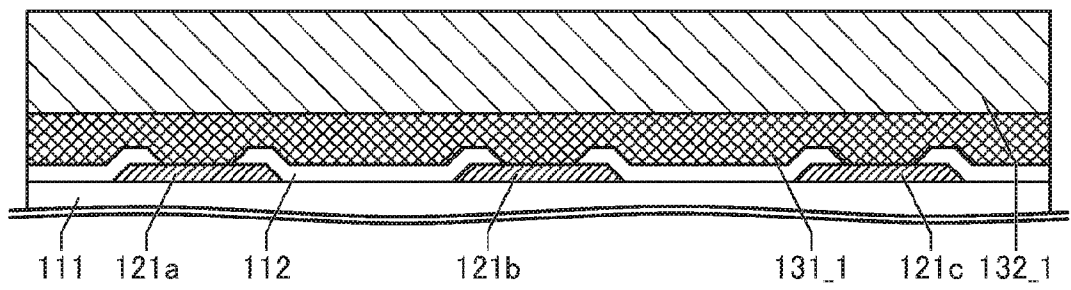


図5D

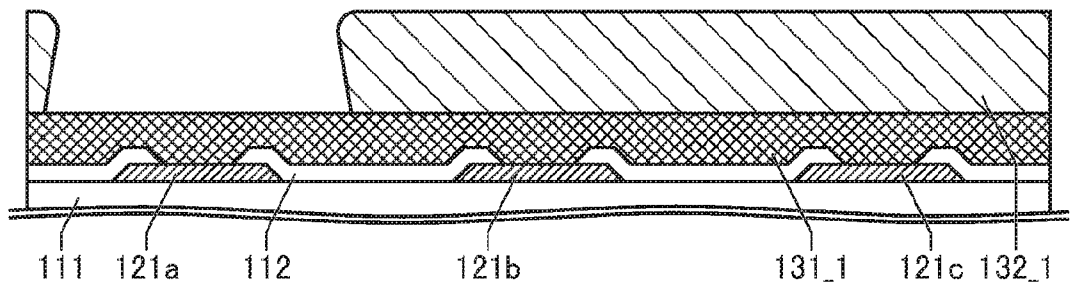


図5E

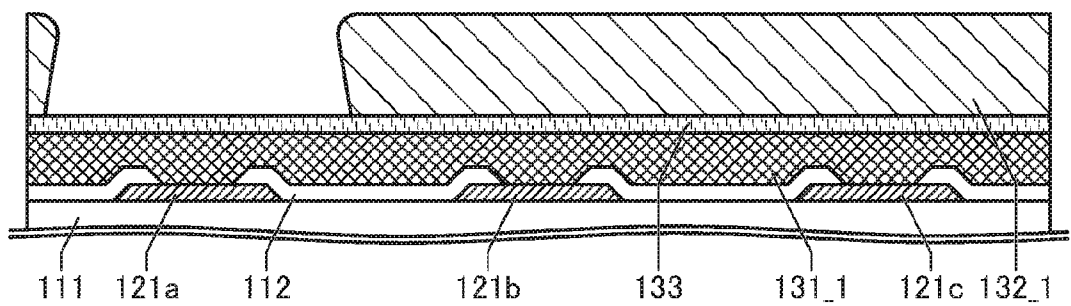


図6A

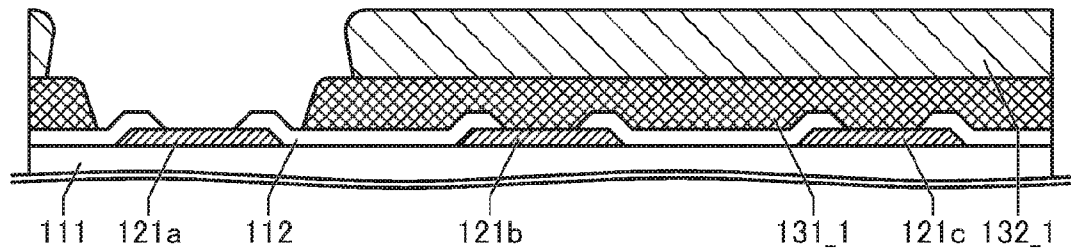


図6B

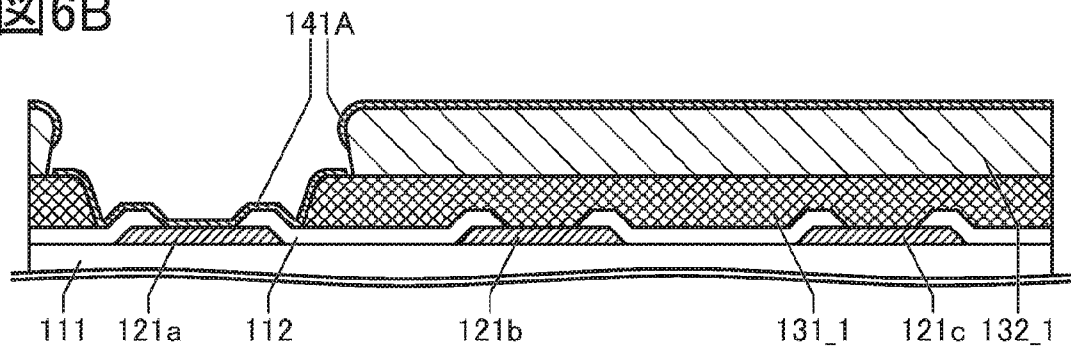


図6C

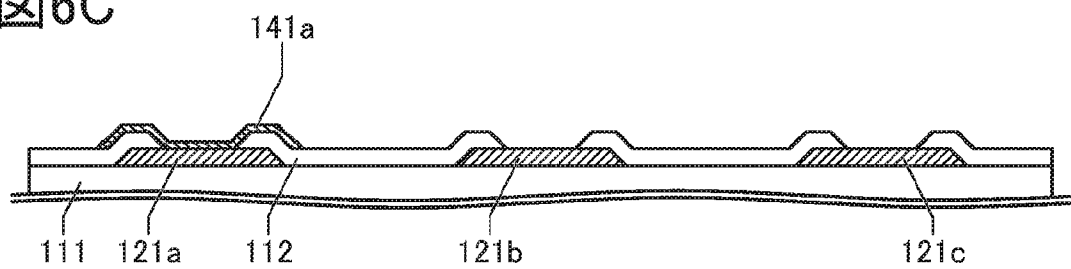


図6D

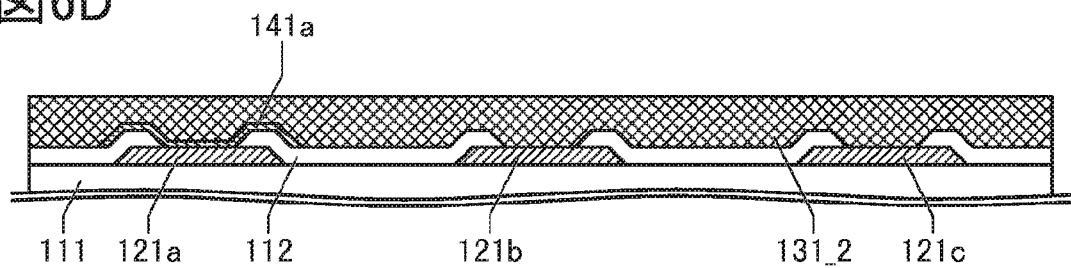


図6E

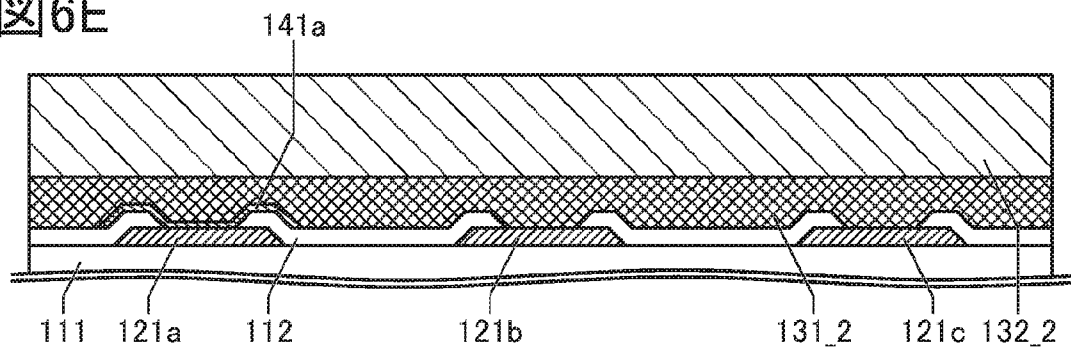


图7A

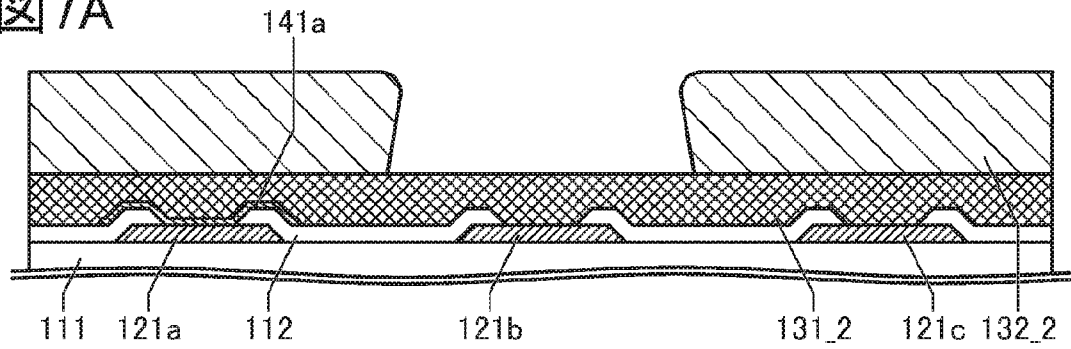


图7B

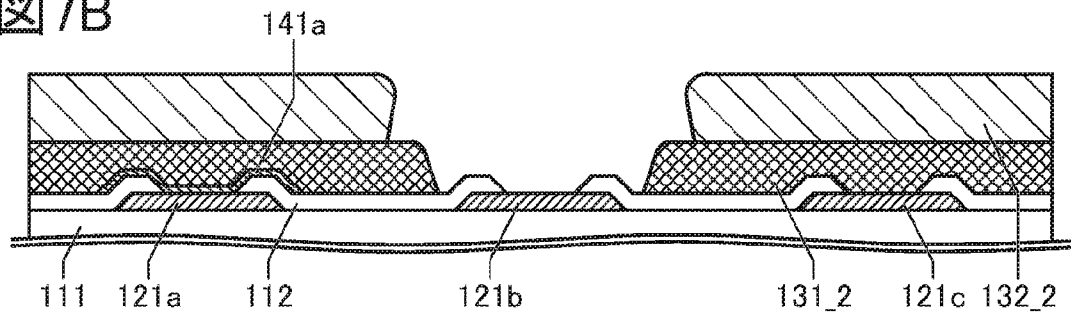


图7C

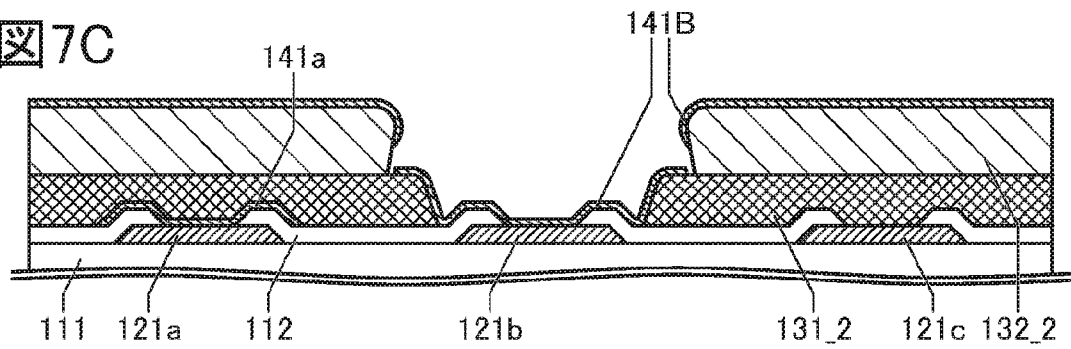


图7D

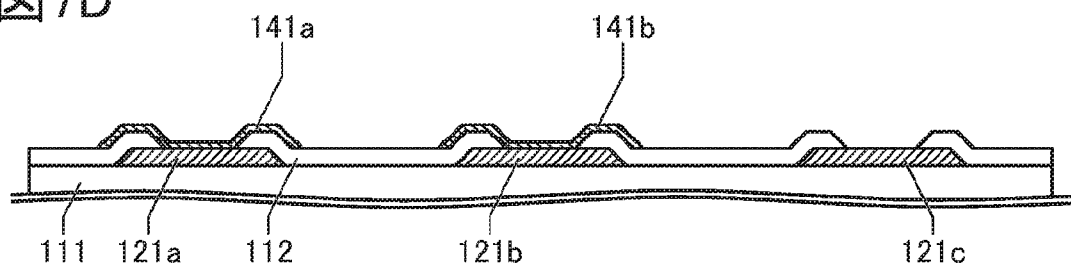


图7E

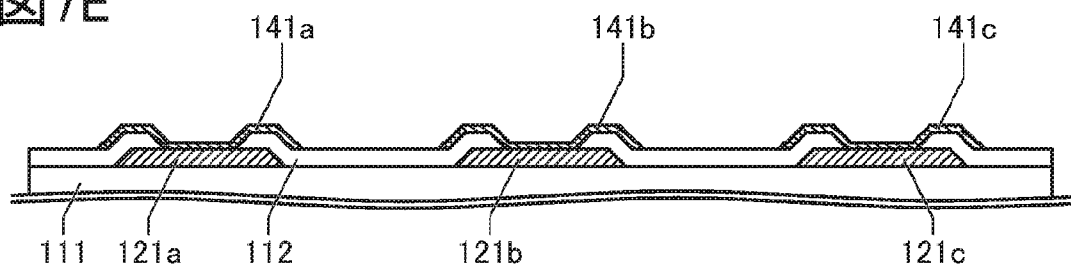


図8A

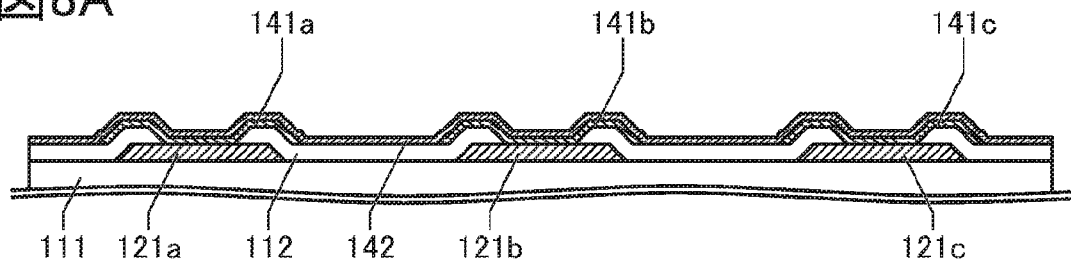


図8B

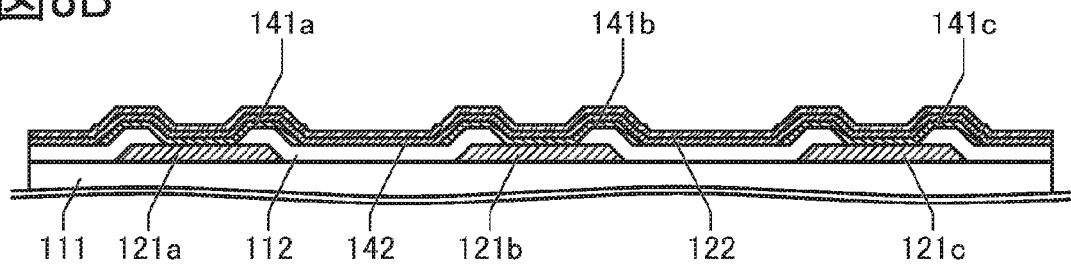


図8C

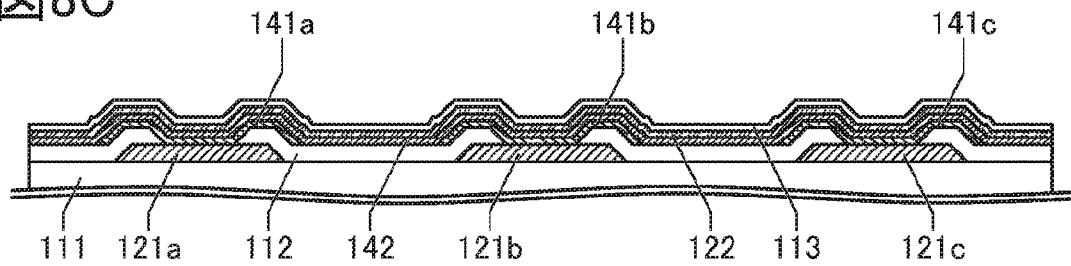


図8D

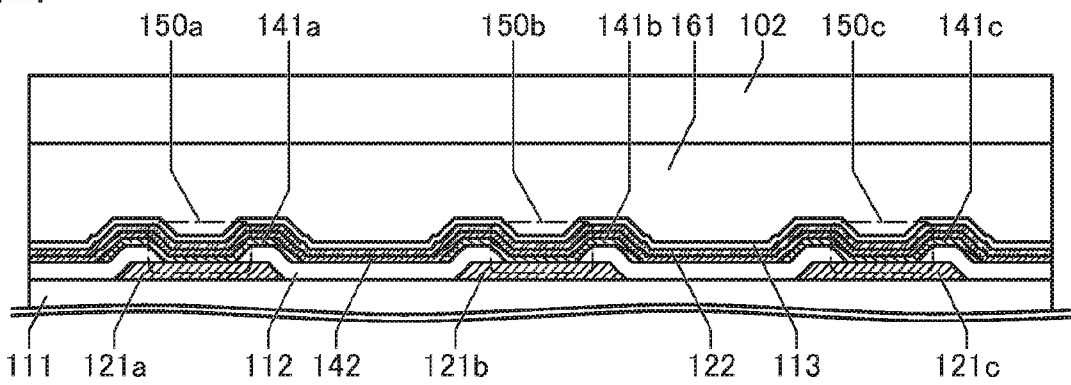


図9A

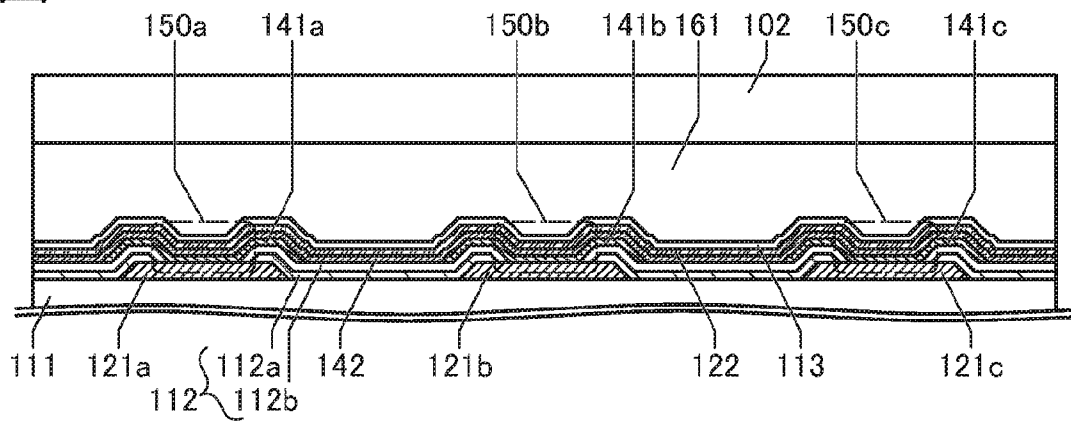


図9B

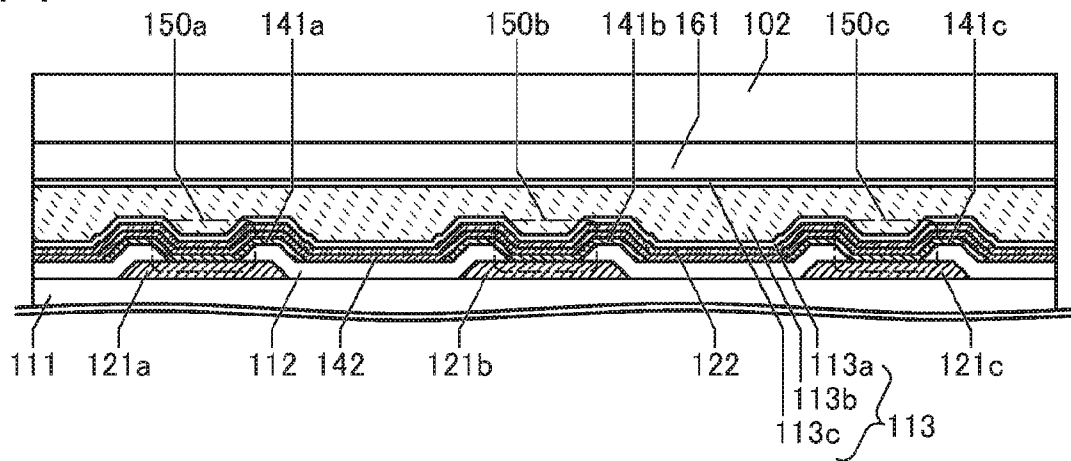


図9C

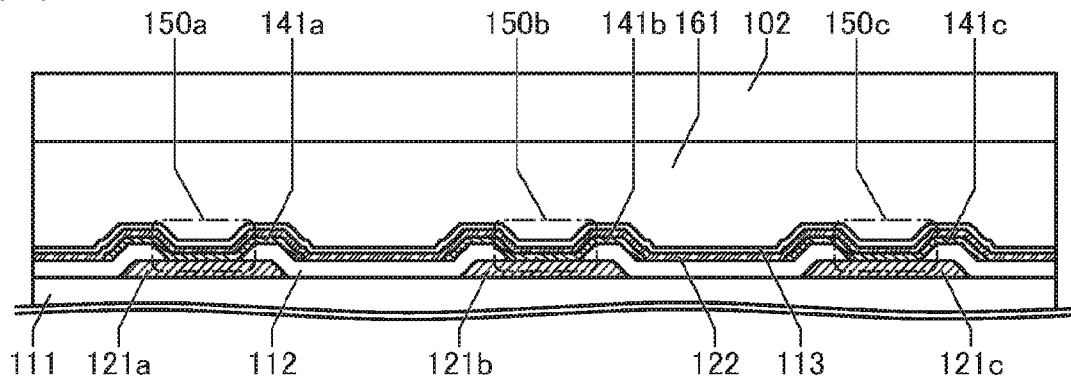


図10A

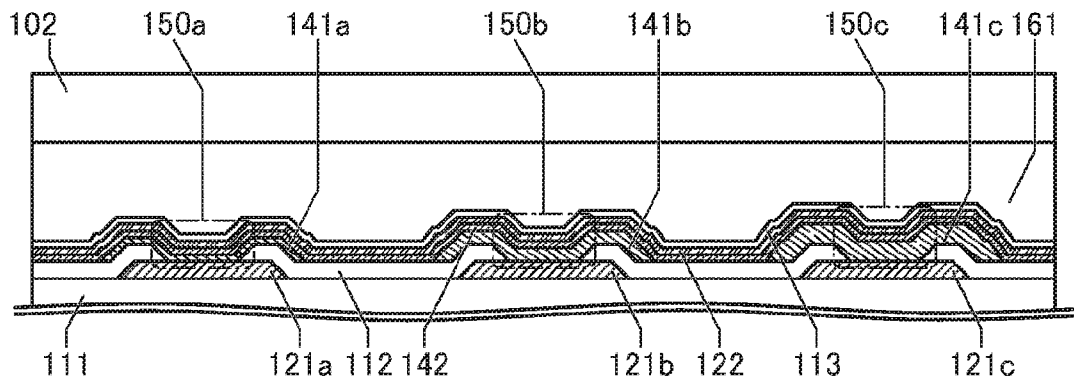


図10B

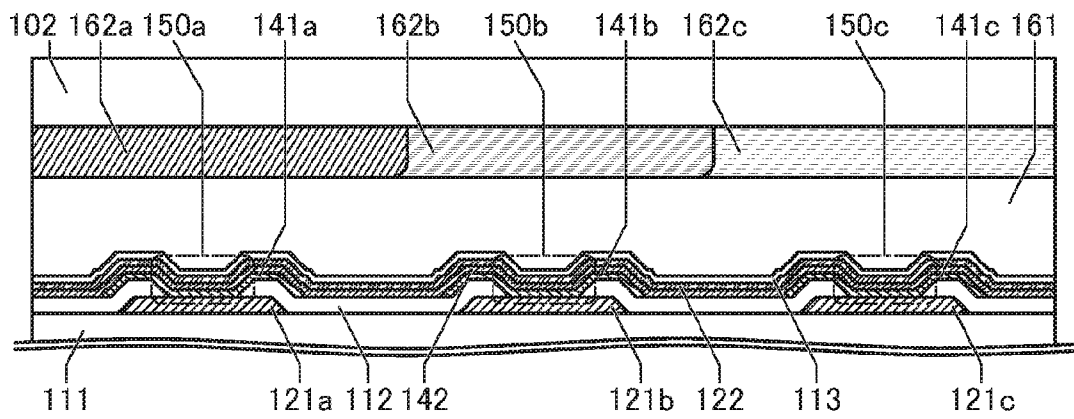


図10C

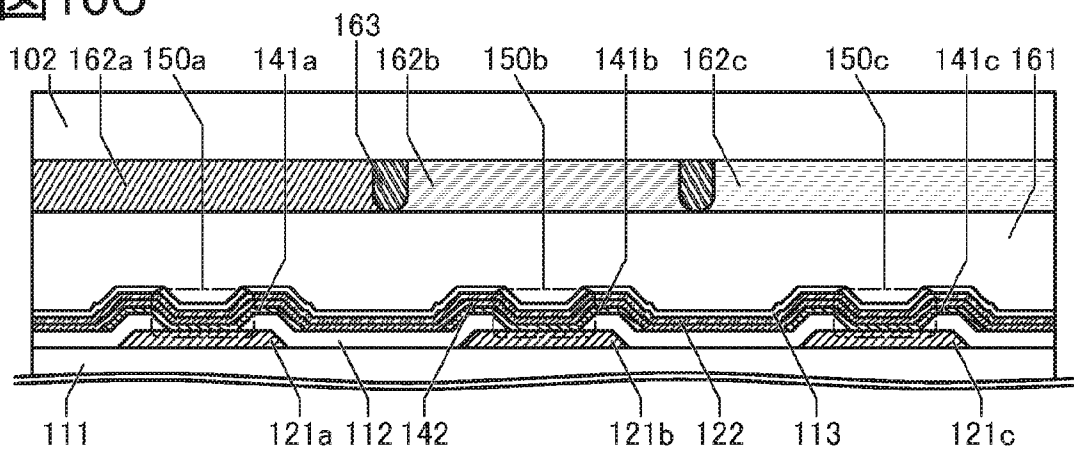


図11A

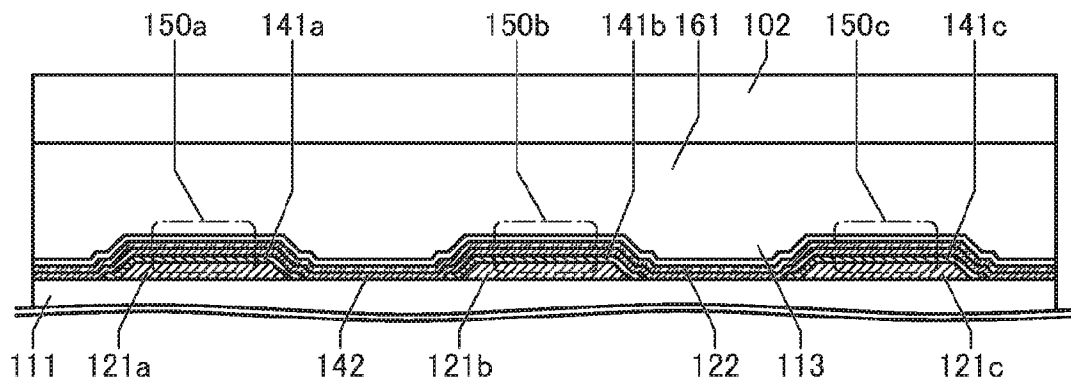


図11B

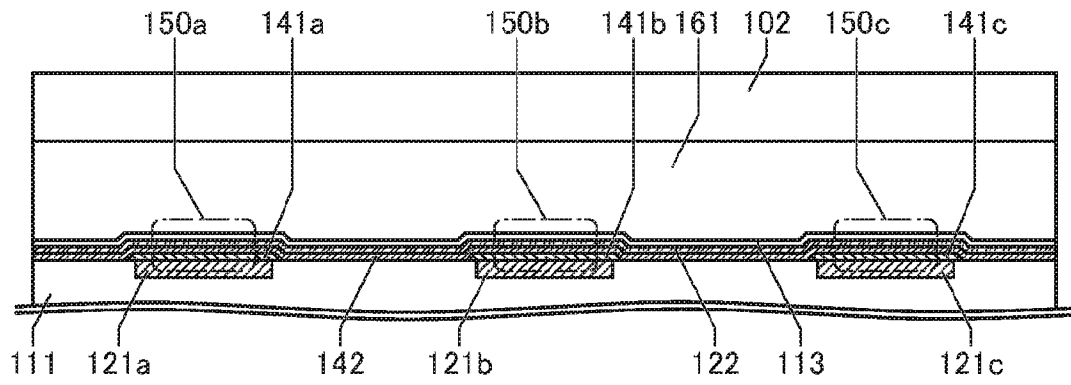


图12A

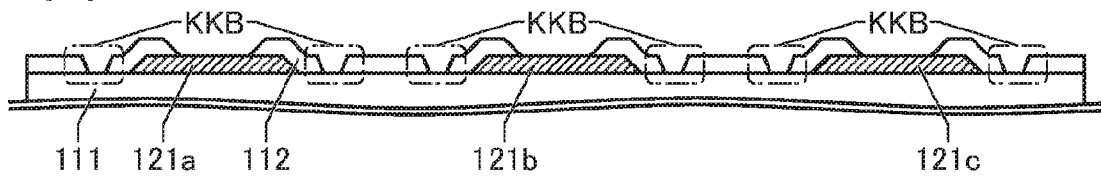


图12B

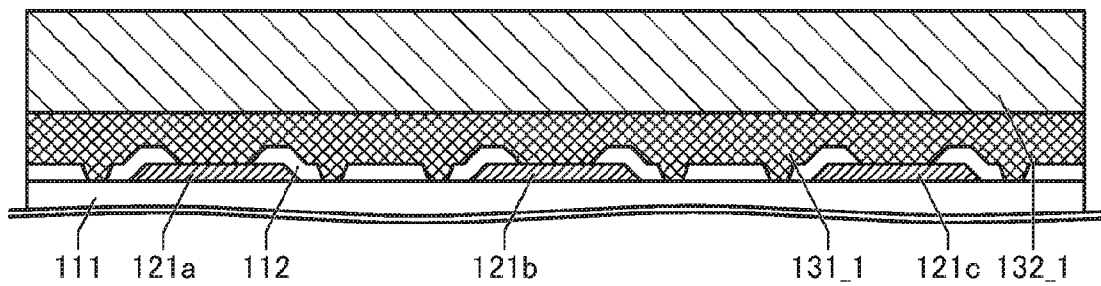


图12C

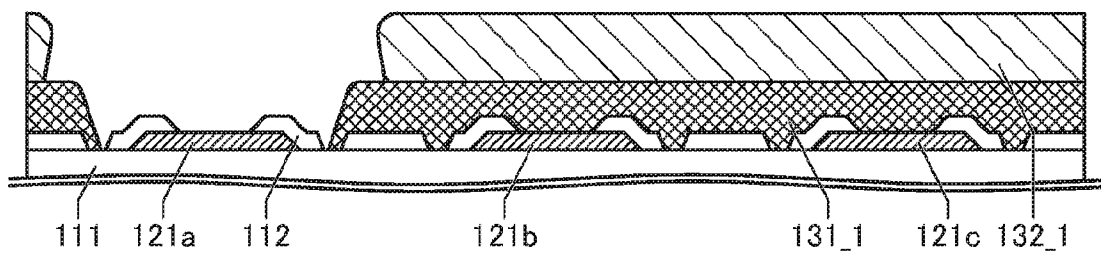


图12D

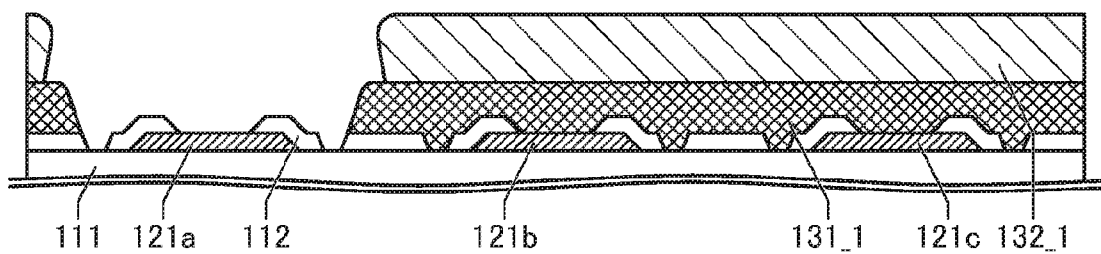


图12E

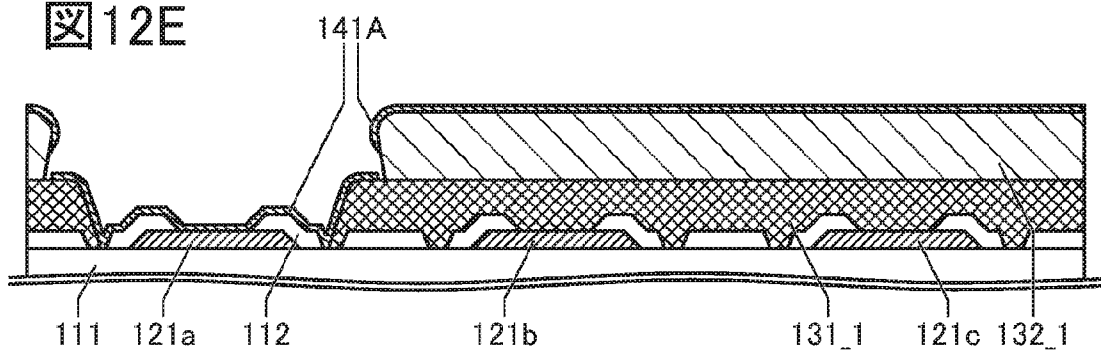


図13A

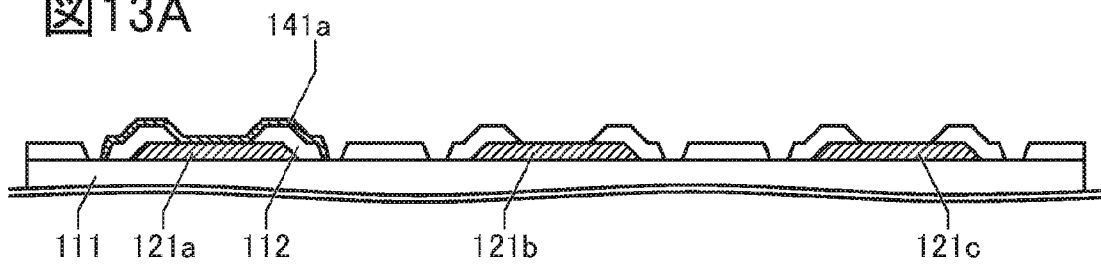


図13B

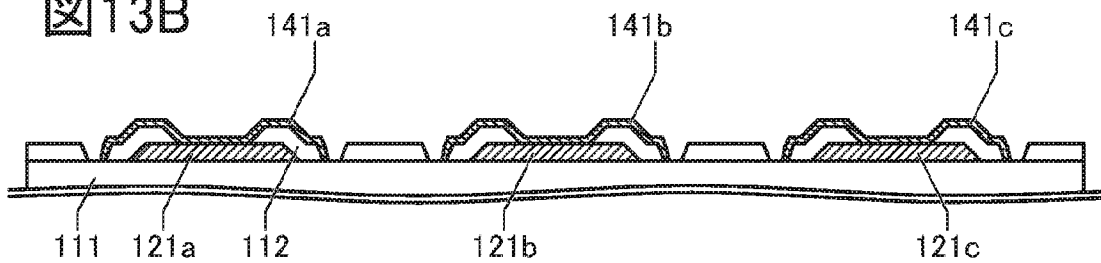


図13C

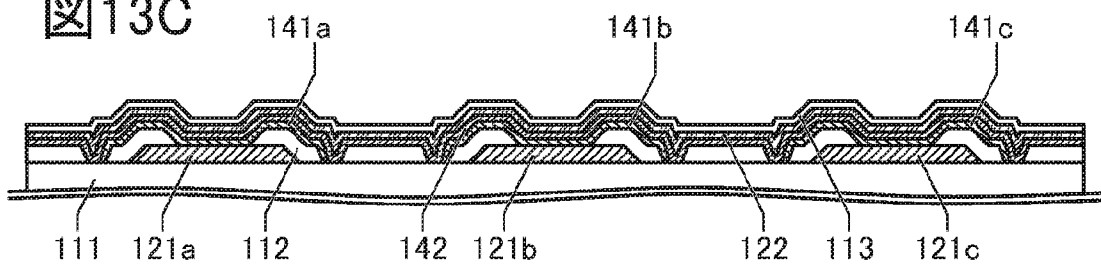


図13D

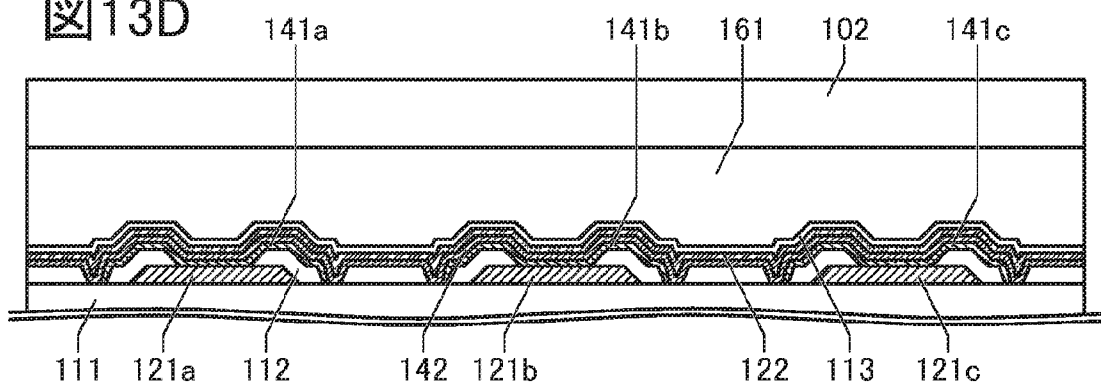


図14A

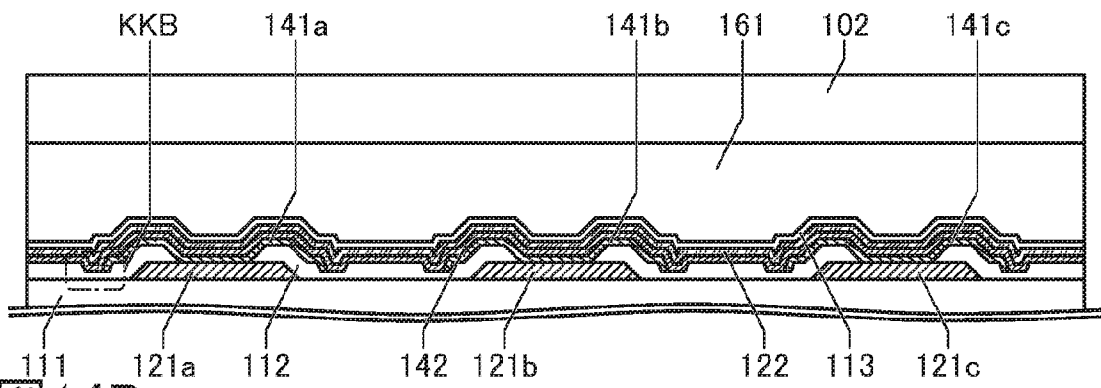


図14B

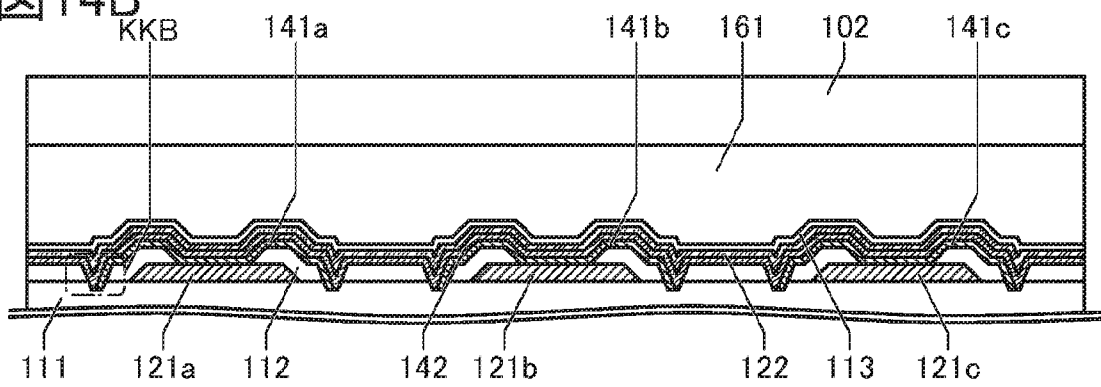


図15A

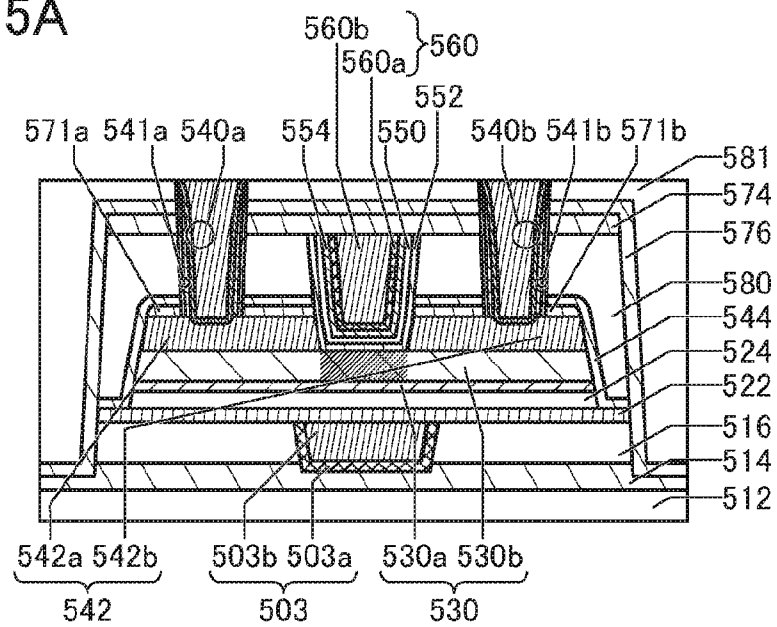


図15B

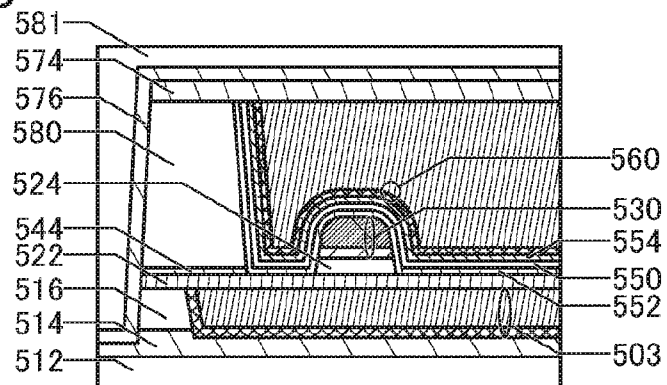


図16A

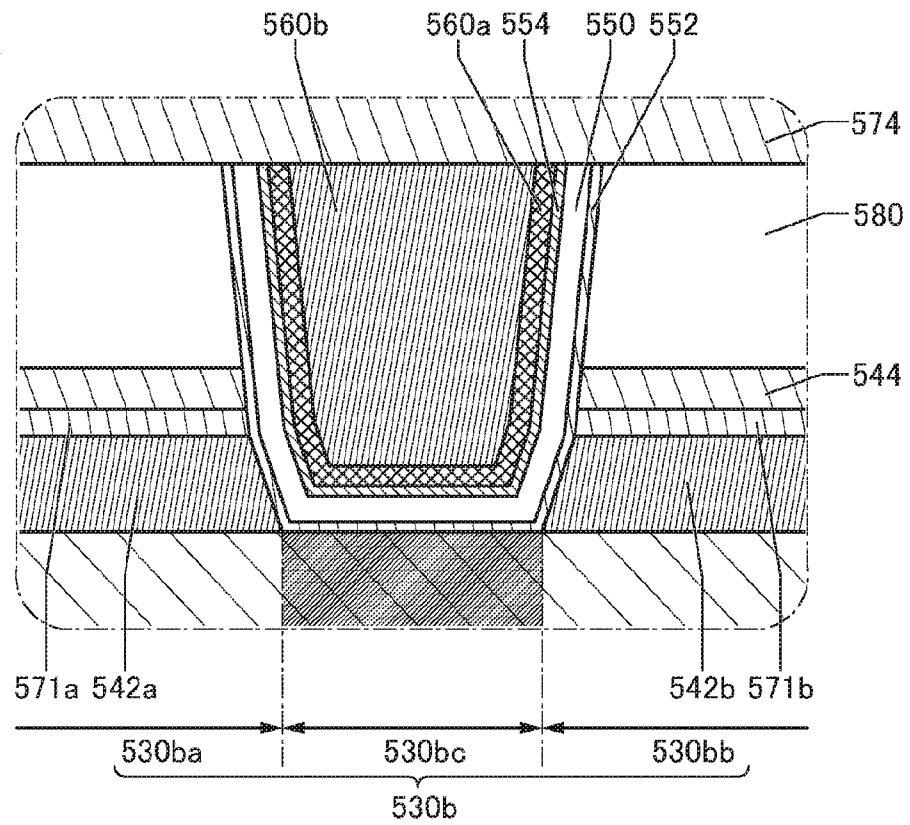


図16B

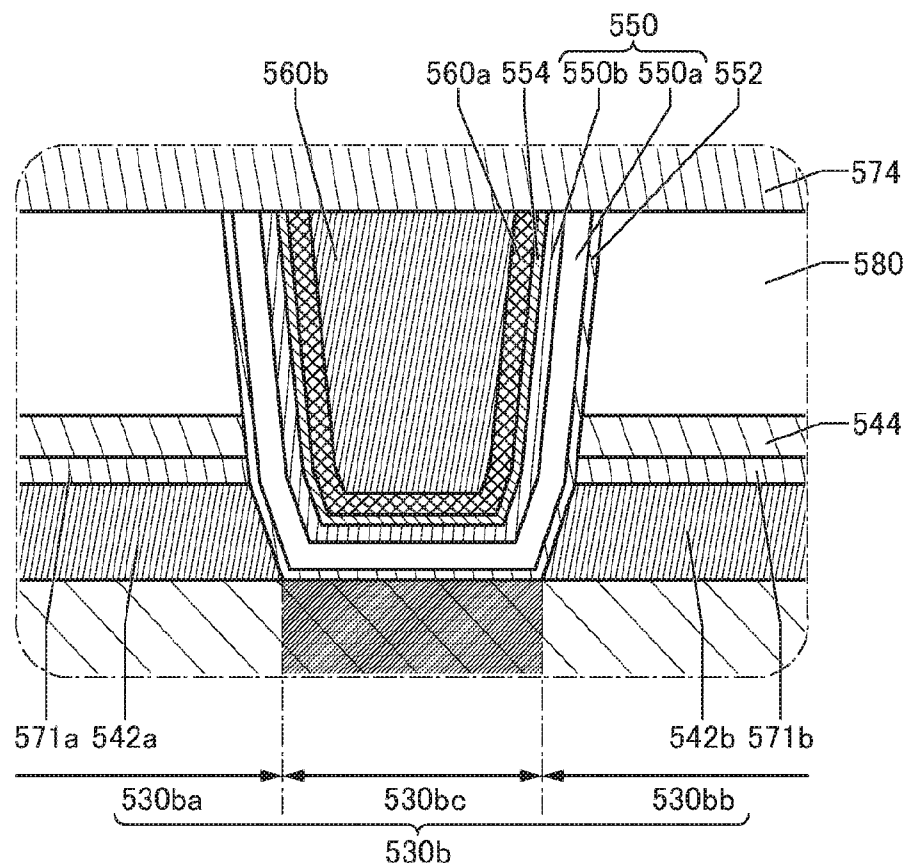


図17A

中間状態 新しい境界領域		
Amorphous (無定形)	Crystalline (結晶性)	Crystal (結晶)
•completely amorphous	•CAAC •nc •CAC excluding single crystal and poly crystal	•single crystal •poly crystal

図17B

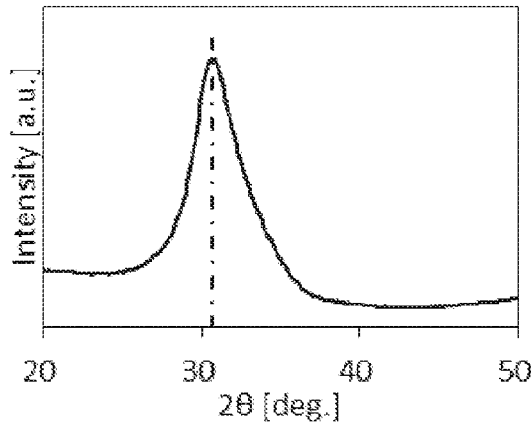


図17C

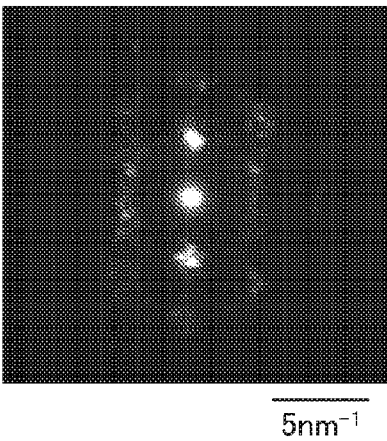


图 18A

8300

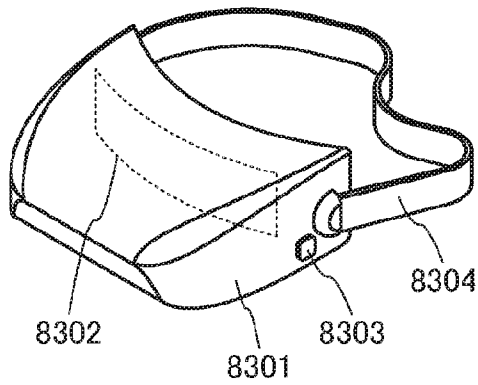


图 18B

8300

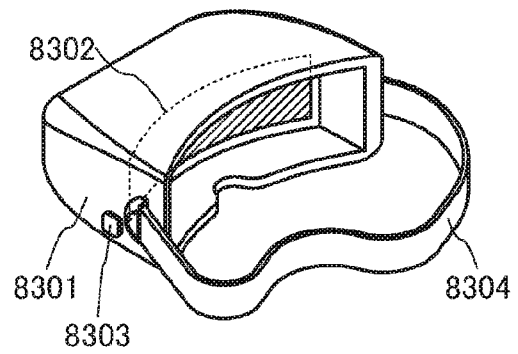


图 18C

8300

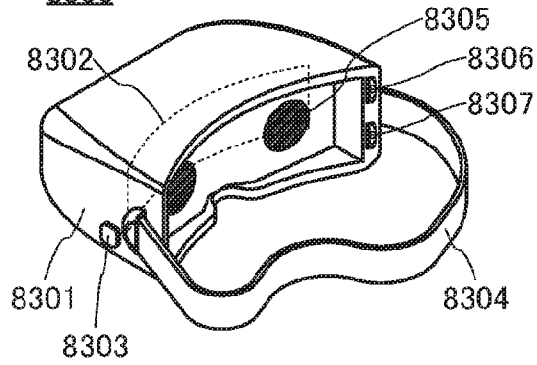


图 18D

8300

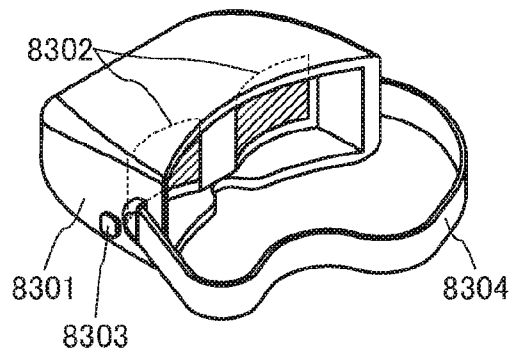


图 18E

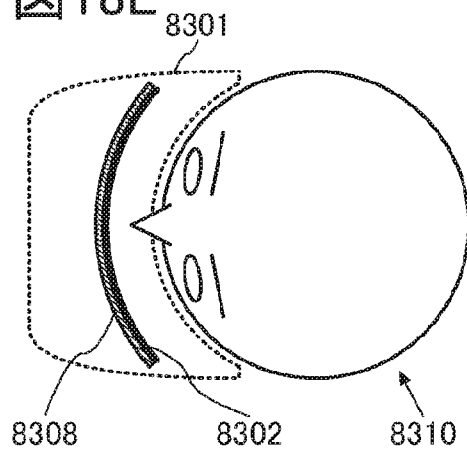


图 18F

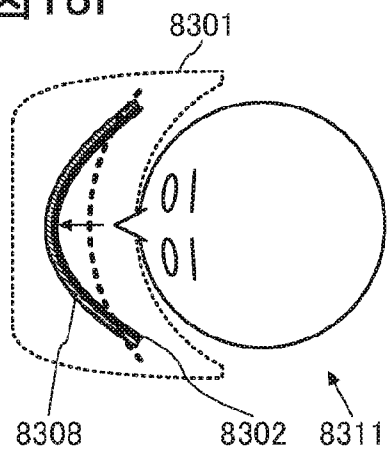


図21A

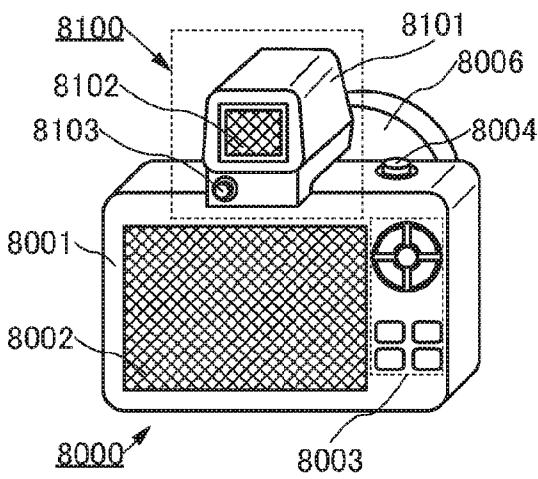


図21B

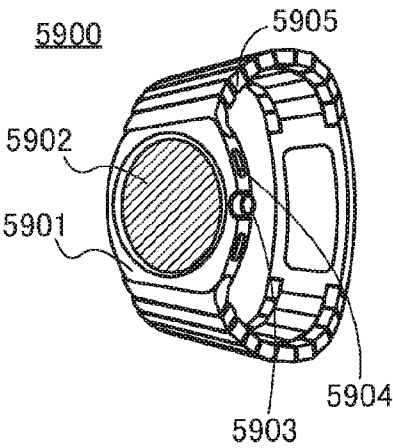


図21C

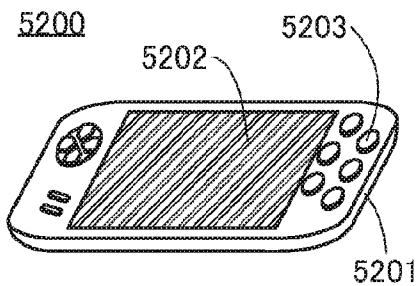


图 22A

8200

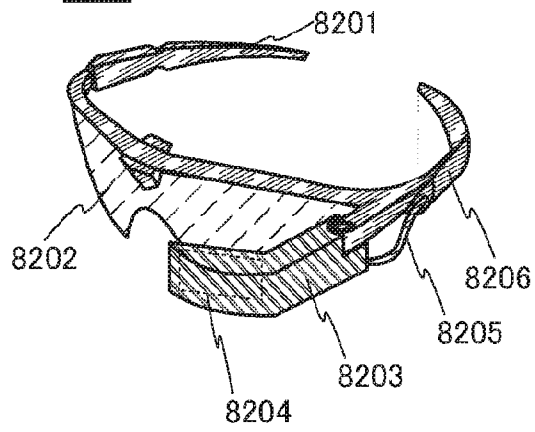


图 22B

8300

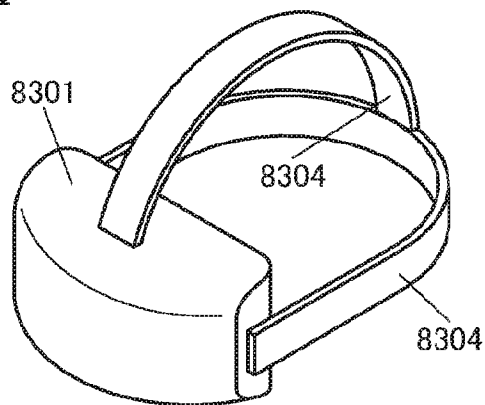


图 22C

8300

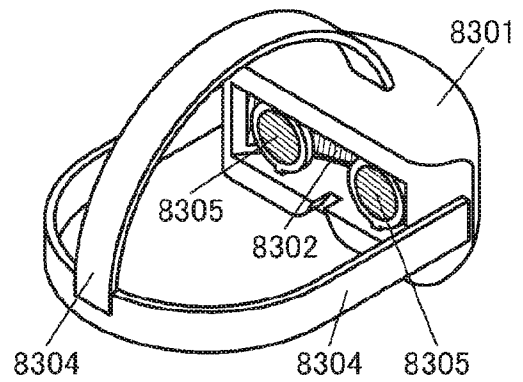
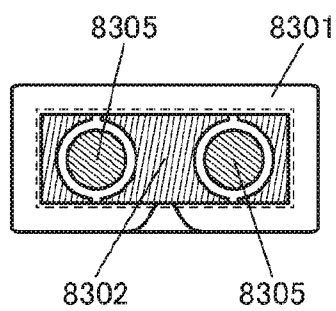


图 22D

8300



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IB2021/061671

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H05B 33/10(2006.01)i; **G02B 5/20**(2006.01)i; **G09F 9/30**(2006.01)i; **H01L 51/50**(2006.01)i; **H05B 33/04**(2006.01)i;
H05B 33/12(2006.01)i; **H05B 33/14**(2006.01)i; **H05B 33/22**(2006.01)i; **H05B 33/26**(2006.01)i; **H05B 33/28**(2006.01)i
 FI: H05B33/10; G02B5/20 101; G09F9/30 349A; G09F9/30 365; H05B33/04; H05B33/12 B; H05B33/12 E; H05B33/14 A;
 H05B33/14 Z; H05B33/22 Z; H05B33/26 Z; H05B33/28

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H05B33/10; G02B5/20; G09F9/30; H01L51/50; H05B33/04; H05B33/12; H05B33/14; H05B33/22; H05B33/26; H05B33/28

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 111883572 A (BOE TECHNOLOGY GROUP CO., LTD.) 03 November 2020 (2020-11-03) entire text, all drawings	1-10
A	US 2020/0274110 A1 (INT TECH CO., LTD.) 27 August 2020 (2020-08-27) entire text, all drawings	1-10
A	CN 111403440 A (BOE TECHNOLOGY GROUP CO., LTD.) 10 July 2020 (2020-07-10) entire text, all drawings	1-10
A	US 2020/0144529 A1 (SAMSUNG DISPLAY CO., LTD.) 07 May 2020 (2020-05-07) entire text, all drawings	1-10
A	JP 2019-110106 A (SAMSUNG DISPLAY CO., LTD.) 04 July 2019 (2019-07-04) entire text, all drawings	1-10
A	JP 2018-081903 A (SAMSUNG DISPLAY CO., LTD.) 24 May 2018 (2018-05-24) entire text, all drawings	1-10

☒ 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

24 February 2022

Date of mailing of the international search report

08 March 2022

Name and mailing address of the ISA/JP

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IB2021/061671

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2017/0025610 A1 (SAMSUNG DISPLAY CO., LTD.) 26 January 2017 (2017-01-26) entire text, all drawings	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/IB2021/061671

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	111883572	A	03 November 2020	(Family: none)	
US	2020/0274110	A1	27 August 2020	CN 111627957 A entire text, all drawings CN 111628113 A	
CN	111403440	A	10 July 2020	(Family: none)	
US	2020/0144529	A1	07 May 2020	KR 10-2020-0053071 A entire text, all drawings CN 111162103 A	
JP	2019-110106	A	04 July 2019	US 2019/0189706 A1 entire text, all drawings US 2021/0159285 A1 EP 3499576 A1 KR 10-2019-0072700 A CN 109935616 A	
JP	2018-081903	A	24 May 2018	US 2018/0138251 A1 entire text, all drawings US 2019/0326373 A1 US 2020/0227493 A1 EP 3321988 A2 KR 10-2018-0054983 A CN 108074953 A	
US	2017/0025610	A1	26 January 2017	US 2018/0006226 A1 entire text, all drawings US 2018/0323374 A1 US 2020/0020857 A1 US 2021/0057647 A1 KR 10-2017-0012706 A CN 106373980 A TW 201715768 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H05B 33/10(2006.01)i; G02B 5/20(2006.01)i; G09F 9/30(2006.01)i; H01L 51/50(2006.01)i; H05B 33/04(2006.01)i; H05B 33/12(2006.01)i; H05B 33/14(2006.01)i; H05B 33/22(2006.01)i; H05B 33/26(2006.01)i; H05B 33/28(2006.01)i FI: H05B33/10; G02B5/20 101; G09F9/30 349A; G09F9/30 365; H05B33/04; H05B33/12 B; H05B33/12 E; H05B33/14 A; H05B33/14 Z; H05B33/22 Z; H05B33/26 Z; H05B33/28																							
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） H05B33/10; G02B5/20; G09F9/30; H01L51/50; H05B33/04; H05B33/12; H05B33/14; H05B33/22; H05B33/26; H05B33/28 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>1 9 2 2 - 1 9 9 6 年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1 9 7 1 - 2 0 2 2 年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1 9 9 6 - 2 0 2 2 年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1 9 9 4 - 2 0 2 2 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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年	日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 2 2 年	日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 2 2 年	日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 2 2 年													
日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年																						
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 2 2 年																						
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 2 2 年																						
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 2 2 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>CN 111883572 A (BOE TECHNOLOGY GROUP CO., LTD.) 03.11.2020 (2020 - 11 - 03) 全文, 全図</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2020/0274110 A1 (INT TECH CO., LTD.) 27.08.2020 (2020 - 08 - 27) 全文, 全図</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 111403440 A (BOE TECHNOLOGY GROUP CO., LTD.) 10.07.2020 (2020 - 07 - 10) 全文, 全図</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2020/0144529 A1 (SAMSUNG DISPLAY CO., LTD.) 07.05.2020 (2020 - 05 - 07) 全文, 全図</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2019-110106 A (三星ディスプレイ株式会社) 04.07.2019 (2019 - 07 - 04) 全文, 全図</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2018-081903 A (三星ディスプレイ株式会社) 24.05.2018 (2018 - 05 - 24) 全文, 全図</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			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	CN 111883572 A (BOE TECHNOLOGY GROUP CO., LTD.) 03.11.2020 (2020 - 11 - 03) 全文, 全図	1-10	A	US 2020/0274110 A1 (INT TECH CO., LTD.) 27.08.2020 (2020 - 08 - 27) 全文, 全図	1-10	A	CN 111403440 A (BOE TECHNOLOGY GROUP CO., LTD.) 10.07.2020 (2020 - 07 - 10) 全文, 全図	1-10	A	US 2020/0144529 A1 (SAMSUNG DISPLAY CO., LTD.) 07.05.2020 (2020 - 05 - 07) 全文, 全図	1-10	A	JP 2019-110106 A (三星ディスプレイ株式会社) 04.07.2019 (2019 - 07 - 04) 全文, 全図	1-10	A	JP 2018-081903 A (三星ディスプレイ株式会社) 24.05.2018 (2018 - 05 - 24) 全文, 全図	1-10
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	CN 111883572 A (BOE TECHNOLOGY GROUP CO., LTD.) 03.11.2020 (2020 - 11 - 03) 全文, 全図	1-10																					
A	US 2020/0274110 A1 (INT TECH CO., LTD.) 27.08.2020 (2020 - 08 - 27) 全文, 全図	1-10																					
A	CN 111403440 A (BOE TECHNOLOGY GROUP CO., LTD.) 10.07.2020 (2020 - 07 - 10) 全文, 全図	1-10																					
A	US 2020/0144529 A1 (SAMSUNG DISPLAY CO., LTD.) 07.05.2020 (2020 - 05 - 07) 全文, 全図	1-10																					
A	JP 2019-110106 A (三星ディスプレイ株式会社) 04.07.2019 (2019 - 07 - 04) 全文, 全図	1-10																					
A	JP 2018-081903 A (三星ディスプレイ株式会社) 24.05.2018 (2018 - 05 - 24) 全文, 全図	1-10																					
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。																							
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>"T" 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>"X" 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>"E" 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</td> <td>"Y" 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>"L" 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）</td> <td>"&" 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"P" 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	"T" 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	"X" 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの	"E" 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	"Y" 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの	"L" 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	"&" 同一パテントファミリー文献	"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		"P" 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献										
* 引用文献のカテゴリー	"T" 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの																						
"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	"X" 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの																						
"E" 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	"Y" 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの																						
"L" 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	"&" 同一パテントファミリー文献																						
"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献																							
"P" 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献																							
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日																						
24.02.2022	08.03.2022																						
名称及びあて先	権限のある職員（特許庁審査官）																						
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	酒井 康博 20 1761 電話番号 03-3581-1101 内線 3271																						

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 2017/0025610 A1 (SAMSUNG DISPLAY CO., LTD.) 26.01.2017 (2017 - 01 - 26) 全文, 全図	1-10

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/IB2021/061671

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
CN	111883572	A	03.11.2020	(ファミリーなし)	
US	2020/0274110	A1	27.08.2020	CN 111627957	A
				全文, 全図	
				CN 111628113	A
CN	111403440	A	10.07.2020	(ファミリーなし)	
US	2020/0144529	A1	07.05.2020	KR 10-2020-0053071	A
				全文, 全図	
				CN 111162103	A
JP	2019-110106	A	04.07.2019	US 2019/0189706	A1
				全文, 全図	
				US 2021/0159285	A1
				EP 3499576	A1
				KR 10-2019-0072700	A
				CN 109935616	A
JP	2018-081903	A	24.05.2018	US 2018/0138251	A1
				全文, 全図	
				US 2019/0326373	A1
				US 2020/0227493	A1
				EP 3321988	A2
				KR 10-2018-0054983	A
				CN 108074953	A
US	2017/0025610	A1	26.01.2017	US 2018/0006226	A1
				全文, 全図	
				US 2018/0323374	A1
				US 2020/0020857	A1
				US 2021/0057647	A1
				KR 10-2017-0012706	A
				CN 106373980	A
				TW 201715768	A