

(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8月25日(25.08.2022)



(10) 国際公開番号

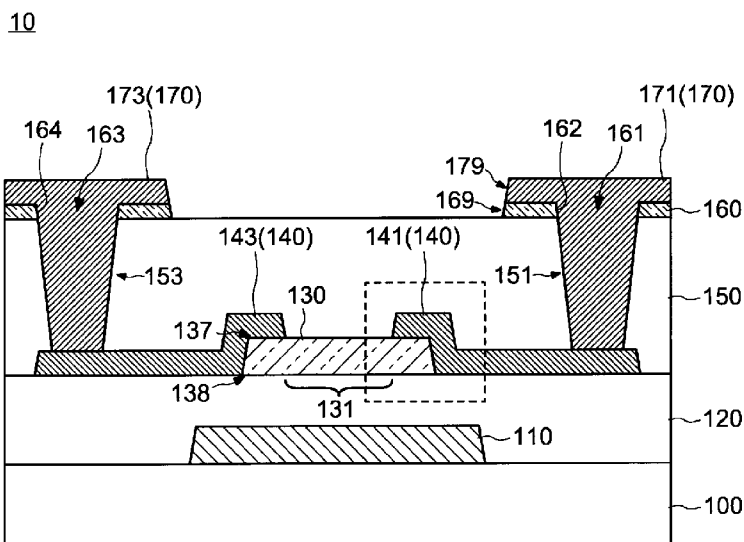
WO 2022/176484 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 29/786 (2006.01) *H01L 27/088* (2006.01)
H01L 21/8234 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/001713
- (22) 国際出願日: 2022年1月19日(19.01.2022)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2021-023751 2021年2月17日(17.02.2021) JP
- (71) 出願人:株式会社ジャパンディスプレイ(JAPAN DISPLAY INC.) [JP/JP]; 〒1050003 東京都港区西新橋三丁目7番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 田丸 尊也 (TAMARU Takaya); 〒1050003 東京都港区西新橋三丁目7番1号 株式会社ジャパンディスプレイ内 Tokyo (JP). 津吹 将志(TSUBUKU Masashi); 〒1050003 東京都港区西新橋三丁目7番1号 株式会社ジャパンディスプレイ内 Tokyo (JP). 佐々木 俊成(SASAKI Toshinari); 〒1050003 東京都港区西新橋三丁目7番1号 株式会社ジャパンディスプレイ内 Tokyo (JP). 渡壁 創(WATAKABE Hajime); 〒1050003 東京都港区西新橋三丁目7番1号 株式会社ジャパンディスプレイ内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人:特許業務法人高橋・林アンドパートナーズ(TAKAHASHI, HAYASHI AND PARTNER PATENT ATTORNEYS, INC.); 〒1440052 東京

(54) Title: SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称: 半導体装置

[図1]



(57) Abstract: A highly reliable semiconductor device. The semiconductor device has: an oxide semiconductor layer that has a first surface and a second surface that is on the reverse side from the first surface; a gate electrode that is opposite the oxide semiconductor layer; a gate insulation layer that is between the oxide semiconductor layer and the gate electrode; and a pair of first electrodes that each contact the first surface of the oxide semiconductor layer. In a region that is near an end part of at least one of the first electrodes of the pair of first electrodes, the oxide semiconductor layer has a region in



WO 2022/176484 A1

都大田区蒲田 5 - 2 4 - 2 損保ジャパン
日本興亜蒲田ビル9階 Tokyo (JP).

- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

which the composition ratio of nitrogen is at least 2% to a depth of 2 nm from the first surface.

(57) 要約: 信頼性が高い半導体装置を実現するための半導体装置は、第1面及び前記第1面の反対の第2面を備えた酸化物半導体層と、前記酸化物半導体層に対向するゲート電極と、前記酸化物半導体層と前記ゲート電極との間のゲート絶縁層と、それぞれ前記酸化物半導体層の前記第1面に接する一対の第1電極と、を有し、前記酸化物半導体層は、前記一対の第1電極のうち少なくとも一方の前記第1電極の端部付近の領域において、前記第1面から2ナノメートル以内の深さの範囲内に、窒素の組成比が2パーセント以上の領域を有する。

明 細 書

発明の名称：半導体装置

技術分野

[0001] 本発明の実施形態の一つは、半導体装置に関する。特に、本発明の実施形態の一つは、チャンネルとして酸化物半導体を用いられた半導体装置に関する。

背景技術

[0002] 最近、アモルファスシリコン、低温ポリシリコン、および単結晶シリコンに替わり、酸化物半導体をチャンネルに用いた半導体装置の開発が進められている（例えば、特許文献1）。酸化物半導体をチャンネルに用いた半導体装置は、アモルファスシリコンをチャンネルに用いた半導体装置と同様に単純な構造かつ低温プロセスで半導体装置を形成することができる。酸化物半導体をチャンネルに用いた半導体装置は、アモルファスシリコンをチャンネルに用いた半導体装置よりも高い移動度を有することが知られている。酸化物半導体をチャンネルに用いた半導体装置は、オフ電流が非常に低いことが知られている。

[0003] 酸化物半導体をチャンネルに用いた半導体装置が安定した動作をするために、その製造工程において酸化物半導体により多くの酸素を供給し、酸化物半導体に形成される酸素欠損を少なくすることが重要である。酸化物半導体に酸素を供給する方法の一つとして、特許文献1では、酸化物半導体を覆う絶縁層を、当該絶縁層が酸素をより多く含む条件で形成する技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2018-78339

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、酸素をより多く含む条件で形成された絶縁層は欠陥を多く含む。その影響で、その欠陥に電子がトラップされることが原因と考えられる半導体装置の特性異常又は信頼性試験における特性変動が発生する。一方、欠陥の少ない絶縁層を用いると、絶縁層に含まれる酸素を多くすることができない。したがって、絶縁層から酸化物半導体に十分に酸素を供給することができない。このように、酸化物半導体を覆う絶縁層として酸素を多く含む絶縁層が用いられた場合であっても、半導体装置の信頼性を向上させるための半導体装置構造及びその製造方法を実現することが要求されている。

[0006] 本発明の実施形態の一つは、信頼性が高い半導体装置を実現することを課題の一つとする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の一実施形態に係る半導体装置は、第1面及び前記第1面の反対の第2面を備えた酸化物半導体層と、前記酸化物半導体層に対向するゲート電極と、前記酸化物半導体層と前記ゲート電極との間のゲート絶縁層と、それぞれ前記酸化物半導体層の前記第1面に接する一对の第1電極と、を有し、前記酸化物半導体層は、前記一对の第1電極のうち少なくとも一方の前記第1電極の端部付近の領域において、前記第1面から2ナノメートル以内の深さの範囲内に、窒素の組成比が2パーセント以上の領域を有する。

図面の簡単な説明

- [0008] [図1]本発明の一実施形態に係る半導体装置の概要を示す断面図である。
[図2]本発明の一実施形態に係る半導体装置の概要を示す平面図である。
[図3]本発明の一実施形態に係る半導体装置の一部を拡大した断面図である。
[図4]本発明の一実施形態に係る半導体装置の断面STEM像である。
[図5]比較例の半導体装置について組成分析を行った結果を示す図である。
[図6]比較例の半導体装置について組成分析を行った結果を示す図である。
[図7]本発明の一実施形態に係る半導体装置について組成分析を行った結果を示す図である。
[図8]本発明の一実施形態に係る半導体装置について組成分析を行った結果を

示す図である。

[図9]本発明の一実施形態に係る半導体装置について組成分析を行った結果を示す図である。

[図10]本発明の一実施形態に係る半導体装置について組成分析を行った結果を示す図である。

[図11]比較例の半導体装置に対して行われた信頼性試験結果を示す図である。

[図12]本発明の一実施形態に係る半導体装置に対して行われた信頼性試験結果を示す図である。

[図13]本発明の一実施形態に係る半導体装置に対して行われた信頼性試験結果を示す図である。

[図14]本発明の一実施形態に係る半導体装置に対して行われたシミュレーションのモデルを示す図である。

[図15]本発明の一実施形態に係る半導体装置に対して行われたシミュレーション結果を示す図である。

[図16]本発明の一実施形態に係る半導体装置に対して行われたシミュレーションのモデルを示す図である。

[図17]本発明の一実施形態に係る半導体装置に対して行われたシミュレーション結果を示す図である。

[図18]本発明の一実施形態に係る半導体装置の一部を拡大した断面図である。

[図19]本発明の一実施形態に係る半導体装置の製造方法を示す断面図である。

[図20]本発明の一実施形態に係る半導体装置の製造方法を示す断面図である。

[図21]本発明の一実施形態に係る半導体装置の製造方法を示す断面図である。

[図22]本発明の一実施形態に係る半導体装置の製造方法を示す断面図である。

。

[図23]本発明の一実施形態に係る半導体装置の断面TEM像である。

[図24]本発明の一実施形態に係る半導体装置の断面HAADF-STEM像である。

[図25]本発明の一実施形態に係る半導体装置のEDXマッピング測定結果である。

[図26]本発明の一実施形態に係る半導体装置のEDXマッピング測定結果である。

[図27]本発明の一実施形態に係る半導体装置のEDXマッピング測定結果である。

[図28]本発明の一実施形態に係る半導体装置のEDXマッピング測定結果である。

[図29]本発明の一実施形態に係る表示装置の概要を示す平面図である。

[図30]本発明の一実施形態に係る表示装置の回路構成を示すブロック図である。

[図31]本発明の一実施形態に係る表示装置の画素回路を示す回路図である。

[図32]本発明の一実施形態に係る表示装置の断面図である。

[図33]本発明の一実施形態に係る表示装置の画素電極及び共通電極の平面図である。

[図34]本発明の一実施形態に係る表示装置の画素回路を示す回路図である。

[図35]本発明の一実施形態に係る表示装置の断面図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下に、本発明の各実施の形態について、図面を参照しつつ説明する。以下の開示はあくまで一例にすぎない。当業者が、発明の主旨を保ちつつ、実施形態の構成を適宜変更することによって容易に想到し得る構成は、当然に本発明の範囲に含有される。図面は説明をより明確にするため、実際の態様に比べ、各部の幅、厚さ、形状等について模式的に表される場合がある。しかし、図示された形状はあくまで一例であって、本発明の解釈を限定するも

のではない。本明細書と各図において、既出の図に関して前述したものと同様の要素には、同一の符号の後にアルファベットを付して、詳細な説明を適宜省略することがある。

[0010] 本発明の各実施の形態において、基板から酸化物半導体層に向かう方向を上又は上方という。逆に、酸化物半導体層から基板に向かう方向を下又は下方という。このように、説明の便宜上、上方又は下方という語句を用いて説明するが、例えば、基板と酸化物半導体層との上下関係が図示と逆になるように配置されてもよい。以下の説明で、例えば基板上の酸化物半導体層という表現は、上記のように基板と酸化物半導体層との上下関係を説明しているに過ぎず、基板と酸化物半導体層との間に他の部材が配置されていてもよい。上方又は下方は、複数の層が積層された構造における積層順を意味するものであり、トランジスタの上方の画素電極と表現する場合、平面視でトランジスタと画素電極とが重ならない位置関係であってもよい。一方、トランジスタの鉛直上方の画素電極と表現する場合は、平面視でトランジスタと画素電極とが重なる位置関係を意味する。

[0011] 「表示装置」とは、電気光学層を用いて映像を表示する構造体を指す。例えば、表示装置という用語は、電気光学層を含む表示パネルを指す場合もあり、又は表示セルに対して他の光学部材（例えば、偏光部材、バックライト、タッチパネル等）を装着した構造体を指す場合もある。「電気光学層」には、技術的な矛盾が生じない限り、液晶層、エレクトロルミネセンス（EL）層、エレクトロクロミック（EC）層、電気泳動層が含まれ得る。したがって、後述する実施形態について、表示装置として、液晶層を含む液晶表示装置、及び有機EL層を含む有機EL表示装置を例示して説明するが、本実施形態における構造は、上述した他の電気光学層を含む表示装置へ適用することができる。

[0012] 本明細書において「 α はA、B又はCを含む」、「 α はA、B及びCのいずれかを含む」、「 α はA、B及びCからなる群から選択される一つを含む」、といった表現は、特に明示が無い限り、 α がA～Cの複数の組み合わせ

を含む場合を排除しない。さらに、これらの表現は、 α が他の要素を含む場合も排除しない。

[0013] 以下の各実施形態は、技術的な矛盾を生じない限り、互いに組み合わせることができる。

[0014] 〈第1実施形態〉

図1～図17を用いて、本発明の一実施形態に係る半導体装置について説明する。以下に示す実施形態の半導体装置は、表示装置に用いられるトランジスタの他に、例えば、マイクロプロセッサ (Micro-Processing Unit: MPU) などの集積回路 (Integrated Circuit: IC)、又はメモリ回路に用いられてもよい。

[0015] [半導体装置10の構成]

図1～図3を用いて、本発明の一実施形態に係る半導体装置10の構成について説明する。図1は、本発明の一実施形態に係る半導体装置の概要を示す断面図である。図2は、本発明の一実施形態に係る半導体装置の概要を示す平面図である。図3は、本発明の一実施形態に係る半導体装置の一部を拡大した断面図である。

[0016] 図1に示すように、半導体装置10は基板100の上方に設けられている。半導体装置10は、第1ゲート電極110、第1ゲート絶縁層120、第1酸化物半導体層130、第1ソース電極141、第1ドレイン電極143、第1絶縁層150、酸化物層160、第1ソース配線171、及び第1ドレイン配線173を有する。第1ソース電極141及び第1ドレイン電極143を特に区別しない場合、これらの電極を一对の第1電極140又は単に第1電極140という場合がある。以下の説明において、第1電極140という場合、特段の指定がなければ一对の第1電極140を指す。第1ソース配線171及び第1ドレイン配線173を特に区別しない場合、これらの配線を第1導電層170という場合がある。

[0017] 第1ゲート電極110は基板100の上に設けられている。第1ゲート電極110は第1酸化物半導体層130に対向する。第1ゲート絶縁層120

は、第1ゲート電極110と第1酸化物半導体層130との間に設けられている。図1の例では、第1ゲート電極110及び第1ゲート絶縁層120は、第1酸化物半導体層130の下方に設けられている。第1電極140は第1ゲート絶縁層120の上及び第1酸化物半導体層130の上に設けられている。第1電極140は、第1ゲート絶縁層120の上面から第1酸化物半導体層130のパターン端部に乗り上げて、第1酸化物半導体層130の上面まで連続している。つまり、第1電極140は第1酸化物半導体層130の上方から第1酸化物半導体層130に接している。第1酸化物半導体層130の上面を第1面137といい、下面を第2面138とすることができる。この場合、第1電極140は第1酸化物半導体層130の第1面137に接するということができる。

[0018] 第1酸化物半導体層130は、第1ソース電極141と第1ドレイン電極143との間にチャンネル領域131を備えている。チャンネル領域131における第1酸化物半導体層130は、第1ソース電極141及び第1ドレイン電極143から露出されている。つまり、第1ソース電極141及び第1ドレイン電極143の各々は、チャンネル領域131の端部において、第1酸化物半導体層130に接している。

[0019] 第1絶縁層150は、第1酸化物半導体層130及び第1電極140を覆う。具体的には、第1絶縁層150は一对の第1電極140で挟まれた第1酸化物半導体層130の第1面137を覆う。第1絶縁層150には第1開口151、153が設けられている。第1開口151は第1ソース電極141に達する開口である。第1開口153は第1ドレイン電極143に達する開口である。酸化物層160は第1絶縁層150の上に設けられている。酸化物層160には第2開口161、163が設けられている。第2開口161は第1開口151と連続する開口である。第2開口163は第1開口153と連続する開口である。

[0020] 第1導電層170は酸化物層160の上及び第1開口151、153の内部に設けられている。平面視で、第1開口151、153が存在する領域を

除き、第1導電層170は酸化物層160と同じ領域に設けられている。つまり、平面視で第1導電層170が設けられていない領域には酸化物層160は設けられておらず、第1絶縁層150が酸化物層160から露出されている。第1導電層170は第1開口151、153の底部で第1電極140に接している。第1導電層170は、第1電極140を介して第1酸化物半導体層130に電氣的に接続されている。

[0021] 本実施形態では、半導体装置10として、ゲート電極が酸化物半導体層の下方に設けられたボトムゲート型トランジスタが用いられた構成を例示するが、この構成に限定されない。例えば、半導体装置10として、ゲート電極が酸化物半導体層の上方に設けられたトップゲート型トランジスタ、又はゲート電極が酸化物半導体層の上方及び下方の両方に設けられたデュアルゲート型トランジスタが用いられてもよい。

[0022] 図2に示すように、平面視で第1酸化物半導体層130は第1ゲート電極110の内側に設けられている。特に、半導体装置10のチャンネルが形成される領域において、第1酸化物半導体層130は第1ゲート電極110の内側に設けられている。換言すると、平面視で第1酸化物半導体層130のパターンの外縁は、第1ゲート電極110のパターンの外縁によって囲まれている。平面視で第1電極140は第1酸化物半導体層130を横切っている。換言すると、第1電極140は第1酸化物半導体層130と交差している。第2開口161は平面視で第1開口151と重なっている。第2開口163は平面視で第1開口153と重なっている。上記の構成はあくまで一実施形態に過ぎず、本発明は上記の構成に限定されない。

[0023] 図3は、図1において点線枠で囲まれた領域の拡大図である。図3に示すように、チャンネル領域131における第1酸化物半導体層130の上面（第1酸化物半導体層130の第1絶縁層150側の面）付近には窒素含有領域139が存在する。窒素含有領域139は第1酸化物半導体層130の上面からの深さ方向において、2ナノメートル以内、3ナノメートル以内、又は5ナノメートル以内の範囲内に存在する。窒素含有領域139には、第1酸

化物半導体層 130 の主成分元素の他に窒素が含有されている。窒素含有領域 139 における窒素の組成比は 2 パーセント以上、4 パーセント以上、又は 6 パーセント以上である。

[0024] 詳細は後述するが、第 1 酸化物半導体層 130 は、一对の第 1 電極 140 のうち少なくとも一方の第 1 電極 140（特に第 1 ソース電極 141 側）の端部付近の領域において、第 1 酸化物半導体層 130 の上面（第 1 面 137）からの深さ方向において、2 ナノメートル以内の範囲内に、窒素の組成比が 2 パーセント以上の領域を有する。この構成によって、半導体装置 10 の信頼性を向上させることができる。本実施形態では、チャンネル領域 131 の第 1 電極 140 側の端部と、第 1 電極 140 のチャンネル領域 131 側の端部とが、ほぼ同じ位置だが、この構成に限定されない。例えば、チャンネル領域 131 と第 1 電極 140 とが離隔されていてもよい。

[0025] [窒素含有領域 139 への窒素の導入方法]

窒素含有領域 139 へ窒素を導入する方法として、第 1 酸化物半導体層 130 の上面が露出された状態でプラズマ処理を行う方法が挙げられる。基板 100 の上に第 1 ゲート電極 110、第 1 ゲート絶縁層 120、第 1 酸化物半導体層 130、及び第 1 電極 140 が形成され、第 1 電極 140 がエッチングされて、チャンネル領域 131 の第 1 酸化物半導体層 130 が露出される。第 1 電極 140 から露出された第 1 酸化物半導体層 130 の表面に対して、窒素含有ガスを用いたプラズマ処理が行われることで、第 1 酸化物半導体層 130 の表面付近に窒素が導入される。例えば、当該プラズマ処理として N_2O ガスを用いたプラズマ処理（以降、「 N_2O プラズマ処理」という）が行われることで、窒素含有領域 139 が形成される。 N_2O プラズマ処理の処理時間が制御されることで、窒素含有領域 139 における窒素の組成比が決定される。

[0026] [窒素含有領域 139 について]

図 4～図 17 を用いて、窒素含有領域 139 及び当該領域に含まれる窒素が半導体装置 10 に与える効果について説明する。図 4 は、本発明の一実施

形態に係る半導体装置の断面STEM (Scanning Transmission Electron Microscope; 走査型透過電子顕微鏡) 像である。図4のSTEM像において、第1ゲート絶縁層120及び第1絶縁層150は黒で表示されており、第1酸化物半導体層130は白で表示されており、第1電極140はグレーで表示されている。

[0027] [窒素含有領域139の分析方法]

窒素含有領域139の組成分析は、STEMに備えられたEDX (Energy Dispersive X-ray spectrometry; エネルギー分散型X線分光分析器) によって行われる。例えば、図4に示すSTEM像について、縦横にそれぞれ256ポイントのEDX分析が行われる。EDX分析によって得られたEDXスペクトルデータに基づき、以下に示す指定ライン201及びライン抽出幅202によって指定された領域の組成比が計算される。

[0028] 本実施形態において、窒素含有領域139のSTEM観察及びEDX分析に用いられた装置及び測定条件は以下の通りである。以下に示す装置及び条件は一例であり、本発明は以下の装置及び条件で観察及び分析されたものに限定されない。

[0029] [STEM観察]

装置：日本電子製 JEM-ARM200F

条件：加速電圧 200kV

倍率精度 10%

[0030] [EDX分析]

装置：日本電子製 JEM-ARM200F

条件：加速電圧 200kV

ビーム径 約0.2nmφ

元素分析装置 JED-2300T

X線検出器 Siドリフト検出器

エネルギー分解能 約140eV

X線取出角 21.9°

立体角 0.98 sr

取り込み画素数 256×256

[0031] 組成比の計算は、図4の指定ライン201の各点について行われる。指定ライン201の各点において行われる計算において、ライン抽出幅202によって指定された範囲のEDXスペクトルデータが積算される。以下の分析結果は、図4に示すように、第1絶縁層150、第1酸化物半導体層130、及び第1ゲート絶縁層120を含むように測定が行われた結果である。

[0032] [比較例における領域139Zの分析結果]

図5及び図6を用いて、比較例の半導体装置に対して酸化物半導体層の組成分析を行った結果を説明する。比較例における半導体装置10Zの構成は本実施形態における半導体装置10の構成とほぼ同じである。したがって、半導体装置10Zの構成を説明する際に図1を参照して説明する。ただし、両者を区別するために、比較例における各構成の符号として、本実施形態における各構成の符号の後に「Z」が追加された符号が付されている。詳細は後述するが、比較例では第1酸化物半導体層130Zの上面に窒素含有領域が形成されていない。したがって、比較例において、本実施形態の窒素含有領域139と同じ領域を領域139Zという。

[0033] 図5は、比較例の半導体装置について組成分析を行った結果を示す図である。図6は、図5の第1絶縁層150Zと第1酸化物半導体層130Zとの境界付近を拡大した図である。図5及び図6の横軸（「Thk.」）は、指定ライン201の厚さ方向の位置を示す。図5及び図6の縦軸はシリコンの組成比（左の縦軸）又は窒素の組成比（右の縦軸）を示す。図5及び図6には2種類のスペクトルが表示されており、相対的に太い線で表示されたスペクトル219Zは窒素の組成比を示すスペクトルであり、相対的に細い線で表示されたスペクトル229Zはシリコンの組成比を示すスペクトルである。

[0034] 図5及び図6に示す分析結果に係る半導体装置10Zでは、第1ゲート絶

縁層 120 Z 及び第 1 絶縁層 150 Z として酸化シリコンが用いられ、第 1 酸化物半導体層 130 Z として IGZO が用いられた例を示す。第 1 ゲート絶縁層 120 Z と第 1 酸化物半導体層 130 Z との境界、及び第 1 絶縁層 150 Z と第 1 酸化物半導体層 130 Z との境界において、シリコンの組成比（スペクトル 229 Z）が急激に変化している。第 1 酸化物半導体層 130 Z では窒素（スペクトル 219 Z）が検出されている。図 5 の比較例において、窒素は第 1 酸化物半導体層 130 Z の中央付近において検出されている。一方、図 6 に示すように、窒素は第 1 絶縁層 150 Z と第 1 酸化物半導体層 130 Z との境界付近にはほとんど検出されていない。図 6 において、第 1 絶縁層 150 Z で検出されているシリコンのスペクトルがバックグラウンドレベルまで下がった位置を第 1 絶縁層 150 Z と第 1 酸化物半導体層 130 Z との境界と定義することができる。図 6 では、当該境界から 2 ナノメートル以内の深さの範囲を領域 139 Z と定義している。

[0035] [本実施形態に係る窒素含有領域 139 の分析結果]

図 7～図 8 を用いて、本実施形態の半導体装置 10 に対して第 1 酸化物半導体層 130 の組成分析を行った結果を説明する。図 7 は、本発明の一実施形態に係る半導体装置について組成分析を行った結果を示す図である。図 8 は、図 7 の第 1 絶縁層 150 と第 1 酸化物半導体層 130 との境界付近をそれぞれ拡大した図である。以下の説明において、図 5 及び図 6 と重複する点については説明を省略する。

[0036] 図 7 に示すように、半導体装置 10 では、第 1 絶縁層 150 と第 1 酸化物半導体層 130 との境界付近に窒素が検出されている。図 8 に示すように、第 1 絶縁層 150 と第 1 酸化物半導体層 130 との境界からの深さ方向において、2 ナノメートル以内の範囲内（窒素含有領域 139）に、窒素の組成比が約 2 パーセント（図 8 のグラフの正確な値は 1.88 パーセント）以上の領域が存在する。

[0037] [本実施形態に係る窒素含有領域 139 A の分析結果]

図 9～図 10 を用いて、本実施形態の半導体装置 10 A に対して第 1 酸化

物半導体層 130A の組成分析を行った結果を説明する。本実施形態における半導体装置 10A の構成は上記の半導体装置 10 の構成とほぼ同じなので、半導体装置 10A の構成を説明する際に図 1 を参照して説明する。ただし、両者を区別するために、図 9～図 10 における各構成の符号として、図 7～図 8 における各構成の符号の後に「A」が追加された符号が付されている。図 9 は、本発明の一実施形態に係る半導体装置について組成分析を行った結果を示す図である。図 10 は、図 9 の第 1 絶縁層 150A と第 1 酸化物半導体層 130A との境界付近をそれぞれ拡大した図である。半導体装置 10A は、図 7 及び図 8 に示す半導体装置 10 とほぼ同じ構成だが、第 1 酸化物半導体層 130A に窒素を導入する条件が異なる。その結果、半導体装置 10A の窒素含有領域 139A における窒素の組成比は、半導体装置 10 の窒素含有領域 139 における窒素の組成比より多い。

[0038] 図 9 に示すように、半導体装置 10A では、第 1 絶縁層 150A と第 1 酸化物半導体層 130A との境界付近における窒素の組成比は、半導体装置 10 の第 1 絶縁層 150 と第 1 酸化物半導体層 130 との境界付近における窒素の組成比よりも大きい。図 10 に示すように、第 1 絶縁層 150A と第 1 酸化物半導体層 130A との境界からの深さ方向において、2 ナノメートル以内の範囲内（窒素含有領域 139A）に、窒素の組成比が 6 パーセント（図 10 のグラフの正確な値は 6.09 パーセント）以上の領域が存在する。

[0039] [半導体装置 10、10A、10Z の信頼性試験結果]

図 11～図 13 は、比較例及び本実施形態の半導体装置に対して行われた信頼性試験結果を示す図である。図 11～図 13 に示す信頼性試験は、NBTS (Negative Bias Thermal Stress) 信頼性を評価する試験である。NBTS 信頼性試験の条件は以下の通りである。

- ・ 光照射条件：照射無し（暗室）
- ・ ゲート電圧：-40V
- ・ ソース及びドレイン電圧：0V
- ・ ストレス印加時のステージ温度：125℃

[0040] 図11～図13に示すように、ストレス印加前（0 sec）、及び各ストレス印加時間（100 sec～1000 sec）経過後に、それぞれの半導体装置の電気特性を評価した結果が重ねて表示されている。ストレス印加前及びストレス印加後の半導体装置の電気特性の測定条件は以下の通りである。

- ・ソースドレイン間電圧：0.1 V、10 V
- ・ゲート走査電圧：-15 V～15 V
- ・測定環境：暗室
- ・測定時のステージ温度：125℃（又は「R. T.（室温）」）

[0041] 図11に示すように、比較例の半導体装置10Zでは、ストレス印加時間の増加に伴い、しきい値がプラスシフトし、ON電流の立ち上がりが徐々に緩やかになる変化をしている（以下、これらの現象を「信頼性悪化」という）。このような信頼性悪化は、図12及び図13で改善されている。特に、図13では、しきい値のプラスシフトはほとんど起きていない。

[0042] 図5～図10に示す窒素含有領域139、139A及び領域139Zを参照すると、図11～図13の半導体装置の信頼性が改善した理由は、窒素含有領域139、139Aに含まれる窒素と相関があると考えられる。つまり、窒素含有領域139、139Aにおける窒素の組成比が大きいほど上記の信頼性の改善効果が大きいと考えられる。第1酸化物半導体層130、130A、130Zの上面から10nmの位置よりも第1ゲート絶縁層120、120A、120Z側の領域における窒素の量と、半導体装置の信頼性との間には相関が見られない。したがって、半導体装置の信頼性の改善には、第1酸化物半導体層の上面付近（特に、当該上面から2ナノメートル以内の深さの範囲）における窒素が関与していると考えられる。

[0043] 第1酸化物半導体層130の上面には、第1電極140の成膜及びエッチングなどの工程による影響で欠陥が発生する場合がある。詳細は後述するが、上記の信頼性試験によって発生する信頼性悪化は、第1酸化物半導体層130の上面に形成された欠陥はアクセプタ準位に起因すると考えられる。ア

クセプタ準位の欠陥を有する第1酸化物半導体層130中に対して窒素が導入されることによって、アクセプタ準位が減少し、上記の信頼性悪化が改善されたと考えられる。

[0044] [半導体装置10における信頼性悪化の再現シミュレーション]

図14～図17を用いて半導体装置10における信頼性悪化を再現したシミュレーション結果について説明する。図14及び図16は、本発明の一実施形態に係る半導体装置に対して行われたシミュレーションのモデルを示す図である。図15及び図17は、本発明の一実施形態に係る半導体装置に対して行われたシミュレーション結果を示す図である。図14及び図16において、「SiO」は図1の第1ゲート絶縁層120に相当し、「OS」は図1の第1酸化物半導体層130に相当し、「S/D」は第1電極140に相当し、「PASS」は第1絶縁層150に相当する。

[0045] 図14及び図16に示すように、OSの表面にアクセプタ準位の欠陥領域 (Defect Doping) が設定されている。図14では、チャンネル領域131の全域、かつ、第1酸化物半導体層130の上面付近に相当する領域のOSに「Defect Doping」が設定されている。図16では、チャンネル領域131のうち第1電極140 (S/D) の端部付近に相当する領域のOSだけに「Defect Doping」が設定されている。

[0046] 図15に示す半導体装置の電気特性 ($I_d - V_g$ 特性) は、図14のシミュレーションモデルによって計算されたシミュレーション結果である。図17に示す半導体装置の電気特性 ($I_d - V_g$ 特性) は、図16のシミュレーションモデルによって計算されたシミュレーション結果である。シミュレーション結果は、「Defect Doping」における欠陥密度毎に条件を変えて計算された結果である。図15では、「Defect Doping」がゼロ (STD)、 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-2}$ 、 $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-2}$ 、 $5 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2}$ の条件について行われたシミュレーション結果が示されている。図17では、「Defect Doping」がゼロ (STD)、 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-2}$ 、 $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-2}$ 、 $5 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2}$ 、 $5 \times 10^{21} \text{ cm}^{-2}$ 、 5×1

0.22 cm^{-2} の条件について行われたシミュレーション結果が示されている。

[0047] 図15及び図17のいずれのシミュレーション結果においても、「Defect Doping」の増加に伴い半導体装置10の電気特性においてしきい値がプラスシフトし、ON電流の立ち上がりが緩やかになっている。つまり、上記シミュレーション結果において、「Defect Doping」起因の信頼性悪化が再現された。図17のシミュレーション結果でも信頼性悪化が再現されている。したがって、半導体装置10のチャネル領域131のうち第1電極140の端部付近、かつ、第1酸化物半導体層130の上面付近に含まれるアクセプタ準位の欠陥が、信頼性悪化の原因と考えられる。

[0048] 図4～図13に示す実験結果と図14～図17に示すシミュレーション結果とを考慮すると、チャネル領域131のうち第1電極140の端部付近（特に、ソース電極として機能する第1電極140の端部付近）の第1酸化物半導体層130について、第1酸化物半導体層130の上面からの深さ方向において、2ナノメートル以内の範囲に、窒素の組成比が2パーセント以上の領域が存在することで、半導体装置10における信頼性悪化を改善することができる。

[0049] [半導体装置10の各部材の材質]

基板100として、ポリイミド基板、アクリル基板、シロキサン基板、またはフッ素樹脂基板など、樹脂を含み、可撓性を有するフレキシブル基板を用いることができる。基板100の耐熱性を向上させるために、上記の樹脂に不純物を導入してもよい。特に、半導体装置10がトップエミッション型のディスプレイである場合、基板100が透明である必要はないため、基板100の透明度を悪化させる不純物を用いることができる。一方、基板100が可撓性を有する必要がない場合は、基板100としてガラス基板、石英基板、およびサファイア基板など、透光性を有し、可撓性を有しない剛性基板を用いることができる。表示装置ではない集積回路に半導体装置10が用いられる場合は、基板100としてシリコン基板、炭化シリコン基板、化合

物半導体基板などの半導体基板や、ステンレス基板などの導電性基板など、透光性を有さない基板を用いることができる。

[0050] 第1ゲート電極110、第1電極140、及び第1導電層170として、一般的な金属材料を用いることができる。例えば、これらの部材として、例えば、アルミニウム (Al)、チタン (Ti)、クロム (Cr)、コバルト (Co)、ニッケル (Ni)、モリブデン (Mo)、ハフニウム (Hf)、タンタル (Ta)、タングステン (W)、ビスマス (Bi)、銀 (Ag)、及びこれらの合金又は化合物が用いられる。第1ゲート電極110、第1電極140、及び第1導電層170として、上記の材料が単層で用いられてもよく積層で用いられてもよい。

[0051] 例えば、第1電極140のうち第1酸化物半導体層130と接する第1電極140を構成する金属元素は、第1酸化物半導体層130を構成する金属元素の酸化物よりも安定である。つまり、第1酸化物半導体層130を構成する金属元素が複数ある場合、複数の金属元素の各々の酸化金属のギブス自由エネルギー (ΔG_f) より、第1酸化物半導体層130に接する第1電極140を構成する金属元素の酸化金属のギブス自由エネルギーの方が小さいことが好ましい。

[0052] 例えば、第1酸化物半導体層130としてIGZOが用いられた場合、IGZOに接する金属としてTiを用いることができる。酸化インジウムのギブス自由エネルギーは酸化Ga及び酸化Znの各々のギブス自由エネルギーよりも大きい。つまり、酸化インジウムは化学的に不安定であり、還元されやすい。一方、酸化Tiのギブス自由エネルギーは酸化Ga及び酸化Znの各々のギブス自由エネルギーよりも十分に小さいため、TiがIGZO上に形成されると、TiはIGZO中の酸素と結合して酸化Tiを形成する。上記のように酸化インジウムは還元されやすいため、IGZOとTiとが接触した状態で高いエネルギーが供給されると、酸化インジウムが還元され、Tiが酸化される。半導体装置10の場合、IGZO上にTiが成膜されると、IGZO上部(第1領域133)でIGZO中の酸素がTiに奪われ、第

1領域133のIGZOがn型化するため、IGZOの抵抗値が小さくなる。この現象によって、IGZOとTiとの接触抵抗が小さくなる。

[0053] 第1ゲート絶縁層120及び第1絶縁層150として、一般的な絶縁層性材料を用いることができる。例えば、これらの絶縁層として、酸化シリコン(SiO_x)、酸化窒化シリコン(SiO_xN_y)、窒化シリコン(SiN_x)、窒化酸化シリコン(SiN_xO_y)、酸化アルミニウム(AlO_x)、酸化窒化アルミニウム(AlO_xN_y)、窒化酸化アルミニウム(AlN_xO_y)、窒化アルミニウム(AlN_x)などの無機絶縁層を用いることができる。これらの絶縁層として、欠陥が少ない絶縁層を用いることができる。例えば、第1絶縁層150における酸素の組成比と、第1絶縁層150と同じ組成の絶縁層(以下、「他の絶縁層」という)における酸素の組成比とを比較した場合、当該他の絶縁層における酸素の組成比よりも第1絶縁層150における酸素の組成比の方が第1絶縁層150と同じ組成の絶縁層に対する化学量論比に近い。

[0054] 上記の SiO_xN_y 及び AlO_xN_y は、酸素(O)よりも少ない比率($x > y$)の窒素(N)を含有するシリコン化合物及びアルミニウム化合物である。また、 SiN_xO_y 及び AlN_xO_y は、窒素よりも少ない比率($x > y$)の酸素を含有するシリコン化合物及びアルミニウム化合物である。

[0055] 第1酸化物半導体層130として、半導体の特性を有する酸化金属を用いることができる。例えば、インジウム(In)、ガリウム(Ga)、亜鉛(Zn)、及び酸素(O)を含む酸化物半導体を用いることができる。特に、 $\text{In} : \text{Ga} : \text{Zn} : \text{O} = 1 : 1 : 1 : 4$ の組成比を有する酸化物半導体を用いることができる。ただし、本実施形態で使用されるIn、Ga、Zn、及びOを含む酸化物半導体は上記の組成に限定されるものではなく、上記とは異なる組成の酸化物半導体を用いることもできる。例えば、移動度を向上させるためにInの比率を上記より大きくしてもよい。また、バンドギャップを大きくし、光照射による影響を小さくするためにGaの比率を上記より大きくしてもよい。

[0056] In、Ga、Zn、及びOを含む酸化物半導体に他の元素が添加されていてもよく、例えばAl、Snなどの金属元素が添加されていてもよい。上記の酸化物半導体以外にもIn及びGaを含む酸化物半導体(IGO)、In及びZnを含む酸化物半導体(IZO)、In、Sn及びZnを含む酸化物半導体(ITZO)、並びにIn及びWを含む酸化物半導体などを第1酸化物半導体層130として用いることができる。なお、第1酸化物半導体層130はアモルファスであってもよく、結晶性であってもよい。また、第1酸化物半導体層130はアモルファスと結晶の混相であってもよい。

[0057] 酸化物層160として、第1酸化物半導体層130と同じの組成の酸化物半導体層、ITOなどの酸化物導電層、又はSiO_x、SiO_xN_y、AlO_x、AlO_xN_yなどの酸化物絶縁層を用いることができる。なお、酸化物層160はスパッタリング法で形成することが好ましい。酸化物層160をスパッタリング法で形成した場合、酸化物層160の膜中にはスパッタリングで用いられたプロセスガスが残存する。例えば、スパッタリングのプロセスガスとしてArが用いられた場合、酸化物層160の膜中にはArが残存することができる。残存したArは酸化物層160に対するSIMS(Secondary Ion Mass Spectrometry)分析で検出することができる。なお、酸化物層160として、第1絶縁層150に用いられる材料と同じ組成の酸化絶縁層が用いられる場合、酸化物層160の酸素の組成比は第1絶縁層150の酸素の組成比よりも大きい。

[0058] 〈第2実施形態〉

図18～図33を用いて、本発明の一実施形態に係る半導体装置について説明する。以下に示す実施形態の半導体装置は、表示装置に用いられるトランジスタの他に、例えば、マイクロプロセッサ(Micro-Processing Unit:MPU)などの集積回路(Integrated Circuit:IC)、又はメモリ回路に用いられてもよい。

[0059] [半導体装置10Bの構成]

第2実施形態に係る半導体装置10Bの全体構成は、第1実施形態に係る

半導体装置 10 の全体構成（図 1）と同じなので、その説明を省略する。半導体装置 10 B について説明をする際に、図 1 を参照して説明する場合がある。その場合、図 1 に記載された部材の符号の後に「B」を付けて説明する。図 18 は、本発明の一実施形態に係る半導体装置の一部を拡大した断面図である。図 18 は、図 1 において点線枠で囲まれた領域の拡大図に相当する。

[0060] 図 18 に示すように、本実施形態では、第 1 電極 140 B は、第 1 導電層 145 B、第 2 導電層 147 B、及び第 3 導電層 149 B を有する。第 1 電極 140 B のパターン端部には酸化部 180 B が設けられている。酸化部 180 B は第 1 酸化物半導体層 130 B の上方に設けられている。酸化部 180 B は、第 1 電極 140 B の酸化物である。具体的には、酸化部 180 B は、第 1 酸化部 185 B 及び第 3 酸化部 189 B を含む。第 1 酸化部 185 B は、第 1 導電層 145 B の端部に設けられており、第 1 導電層 145 B の酸化物である。第 3 酸化部 189 B は、第 3 導電層 149 B の端部に設けられており、第 3 導電層 149 B の酸化物である。第 1 酸化部 185 B は導電性を有する。第 1 酸化部 185 B は、第 2 導電層 147 B のパターン端部よりもチャンネル領域 131 B 側に位置している。

[0061] 本実施形態では、第 2 導電層 147 B の酸化物が設けられていない構成を例示したが、第 1 酸化部 185 B と第 3 酸化部 189 B との間に第 2 導電層 147 B の酸化物である第 2 酸化部が設けられていてもよい。つまり、当該第 2 酸化部は、第 2 導電層 147 B の端部に設けられていてもよい。詳細は後述するが、本実施形態において、当該第 2 酸化部は半導体装置 10 B の製造工程で形成されるが、その後の工程で除去されるため、図 18 のような構造が形成される。第 1 酸化部 185 B は導電性を有していなくてもよい。

[0062] 第 1 酸化物半導体層 130 B にはチャンネル領域 131 B、第 1 領域 133 B、及び第 2 領域 135 B が備えられている。

[0063] チャンネル領域 131 B のほとんどは、第 1 酸化物半導体層 130 B の上方に第 1 電極 140 B が設けられていない領域である。酸化部 180 B はチャ

ネル領域 131B の第 1 酸化物半導体層 130B の上方に設けられている。つまり、酸化部 180B は平面視でチャンネル領域 131B と重なっている。第 1 電極 140B の酸化部 180B 側の端部付近は、平面視でチャンネル領域 131B の一部と重なっている。ただし、第 1 電極 140B が平面視でチャンネル領域 131B と重なっていてもよい。

[0064] 第 1 領域 133B 及び第 2 領域 135B は、第 1 酸化物半導体層 130B の上方に第 1 電極 140B が設けられた領域である。換言すると、チャンネル領域 131B は、平面視で第 1 酸化物半導体層 130B が第 1 電極 140B から露出された領域である。第 1 領域 133B 及び第 2 領域 135B は、平面視で第 1 酸化物半導体層 130B が第 1 電極 140B と重なる領域である。第 1 領域 133B 及び第 2 領域 135B の第 1 酸化物半導体層 130B の上方には酸化部 180B は設けられていない。第 1 領域 133B は、第 1 酸化物半導体層 130B が第 1 電極 140B と重なる領域のほぼ全域に設けられている。一方、第 2 領域 135B は、第 1 領域 133B に比べて、平面視で酸化部 180B から遠い位置に設けられている。つまり、第 1 電極 140B の下方に第 2 領域 135B が設けられていない領域が存在する。

[0065] チャンネル領域 131B、第 1 領域 133B、及び第 2 領域 135B は、それぞれ 1 つの酸化物半導体層から形成されている。これらの領域は、成膜直後の状態ではいずれも同一の組成及び同一の結晶状態である。しかし、半導体装置 10B の製造工程の影響によって、上記の各領域における第 1 酸化物半導体層 130B の組成及び結晶状態は異なる。

[0066] 第 1 領域 133B 及び第 2 領域 135B における第 1 酸化物半導体層 130B では、第 1 酸化物半導体層 130B に含まれるインジウムが偏在している。一方、チャンネル領域 131B における第 1 酸化物半導体層 130B では、インジウムは偏在していない。第 1 酸化物半導体層 130B におけるインジウムの偏在の有無は、評価方法及び評価精度によって異なる場合がある。仮に、チャンネル領域 131B における第 1 酸化物半導体層 130B においてインジウムが偏在していると判定される場合、チャンネル領域 131B にお

る第1酸化半導体層130Bのインジウムの偏在の程度に比べて第1領域133B及び第2領域135Bにおける第1酸化半導体層130Bのインジウムの偏在の程度の方が大きい。第1領域133Bにおける第1酸化半導体層130Bのインジウムの偏在の程度に比べて第2領域135Bにおける第1酸化半導体層130Bのインジウムの偏在の程度の方が大きい。

[0067] ここで、インジウムの偏在の程度が大きいとは、他の領域に比べてインジウムの濃度が高い領域（高濃度領域）のサイズが大きいこと、又は他の領域に比べて結晶化したインジウムのサイズ（又は結晶粒径）が大きいことを意味する。

[0068] インジウムの偏在の程度は、例えば断面TEM（Transmission Electron Microscope；透過型電子顕微鏡）像、断面STEM（Scanning Transmission Electron Microscope；走査型透過電子顕微鏡）像、又は断面SEM（Scanning Electron Microscope；走査型電子顕微鏡）像によって判断することができる。例えば、チャンネル領域131Bにおける第1酸化半導体層130Bに比べて第1領域133B及び第2領域135Bにおける第1酸化半導体層130Bの方がコントラストが大きい場合に、チャンネル領域131Bにおける第1酸化半導体層130Bに比べて第1領域133B及び第2領域135Bにおける第1酸化半導体層130Bの方がインジウムの偏在の程度が大きいと判断できる。

[0069] 又は、上記の断面像におけるコントラストにおいて、「明」の部分又は「暗」の部分の塊のサイズが相対的に大きい場合に、インジウムの偏在の程度が大きいと判断できる。又は、例えば、SEM又はSTEMを用いたEDX（Energy Dispersive X-ray spectrometry；エネルギー分散型X線分光法）のマッピング分析（面分析）において、インジウムに起因する信号強度が他の領域よりも大きい領域、つまりインジウムが密集した領域が相対的に大きい場合に、インジウムの偏在の程度が大きいと判断できる。

[0070] [半導体装置 10B の製造方法]

図 19～図 22 を用いて、本発明の一実施形態に係る半導体装置 10B の製造方法について説明する。図 19～図 22 は、本発明の一実施形態に係る半導体装置の製造方法を示す断面図である。以下の製造方法の説明において、第 1 導電層 145B 及び第 3 導電層 149B として Ti が用いられ、第 2 導電層 147B として Al が用いられた例について説明する。

[0071] 図 19 に示すように、第 1 ゲート電極 110B (図 1 参照) の上に設けられた第 1 ゲート絶縁層 120B の上に第 1 酸化物半導体層 130B のパターンを形成し、第 1 電極 140B のパターンを形成する。第 1 電極 140B のパターン端部は第 1 酸化物半導体層 130B の上に位置している。図 19 に示す構造までの製造方法は一般的な半導体プロセスを用いることができるため、詳細な説明は省略する。

[0072] 次に、図 20 に示すように、第 1 酸化物半導体層 130B 及び第 1 電極 140B に対して酸素及び窒素を含むガスを用いたプラズマ処理を行う。本実施形態では、当該プラズマ処理として N₂O プラズマ処理を行う。上記の工程を換言すると、少なくとも第 1 電極 140B のパターン端部に N₂O プラズマ処理を行う。

[0073] N₂O プラズマ処理によって、図 21 に示すように、第 1 電極 140B の端部に酸化部 180B が形成される。具体的には、第 1 導電層 145B の端部に第 1 酸化部 185B が形成され、第 2 導電層 147B の端部に第 2 酸化部 187B が形成され、第 3 導電層 149B の端部に第 3 酸化部 189B が形成される。N₂O プラズマ処理で第 1 電極 140B の最上層である第 3 導電層 149B の上部も酸化されるが、説明の便宜上省略されている。

[0074] 酸化部 180B のうち第 2 酸化部 187B は、第 1 電極 140B を覆う第 1 絶縁層 150B が形成されるまでの工程で消失する。その結果、図 22 に示すように第 1 酸化部 185B 及び第 3 酸化部 189B だけが第 1 電極 140B の端部に残った状態になる。

[0075] 本実施形態では第 2 酸化部 187B が全て消失する例を示したが、第 2 酸

化部 187B の一部が残っていてもよい。第 2 酸化部 187B が消失せず、図 21 の構造の上に第 1 絶縁層 150B が形成されてもよい。

[0076] 上記の第 1 絶縁層 150B を形成した後に熱処理を行うことで、平面視で第 1 電極 140B と重なる領域の第 1 酸化物半導体層 130B にインジウムが偏析する。

[0077] [第 1 酸化物半導体層 130B におけるインジウムの偏在]

図 23～図 28 を用いて、第 1 酸化物半導体層 130B のチャンネル領域 131B、第 1 領域 133B、及び第 2 領域 135B におけるインジウムの偏在の様子について説明する。図 23～図 28 に示す半導体装置 10B の断面像は、半導体装置 10B を製造した後、信頼性試験を行う前のサンプルの断面像である。

[0078] 図 23 は、本発明の一実施形態に係る半導体装置の断面 TEM 像である。図 23 では、上記と同様に、第 1 導電層 145B 及び第 3 導電層 149B として Ti が用いられ、第 2 導電層 147B として Al が用いられ、第 1 酸化物半導体層 130B として IGZO が用いられた構造が示されている。第 1 導電層 145B (Ti) と第 2 導電層 147B (Al) とは、それぞれの異なる結晶状態に起因して断面視における模様が異なる。第 1 酸化物半導体層 130B のうち、上方に第 1 電極 140B が設けられていない領域がチャンネル領域 131B であり、上方に第 1 電極 140B が設けられた領域が第 1 領域 133B 及び第 2 領域 135B に相当する。第 1 導電層 145B と第 2 導電層 147B との間に Ti と Al とが反応した混晶領域が形成されている。

[0079] 図 23 において、第 1 導電層 145B と第 3 導電層 149B とを結ぶ点線は、これらの導電層の形状に基づき、第 2 導電層 147B の端部が存在していたと推測される箇所である。上記のように、第 2 導電層 147B の少なくとも一部が消失し、図 23 に示すような形状になる。

[0080] 図 24 は、本発明の一実施形態に係る半導体装置の断面 HAADF (High-Angle Annular Dark Field) -STEM 像である。図 24 は、図 23 の一部の領域を拡大した STEM 像である。図 2

4には、第1酸化物半導体層130B、第1導電層145B、及び第2導電層147Bの一部が示されている。図25～28は、それぞれ本発明の一実施形態に係る半導体装置のEDXマッピング測定結果である。図25はTiのEDXのマッピング測定結果である。図26はOのEDXのマッピング測定結果である。図27はInのEDXのマッピング測定結果である。図28はAlのEDXのマッピング測定結果である。各々の図において、第1酸化物半導体層130B、第1導電層145B、及び第2導電層147Bが設けられた領域が点線で示されている。

[0081] 図24～図26を参照すると、第1導電層145Bを示す点線で囲んだ領域からはTiが検出されているが、当該点線の左端付近では他の領域に比べて、Tiの信号強度が小さく、酸素の信号強度が大きい。つまり、第1導電層145Bの左端に第1酸化部185B（酸化Ti）が形成されている。第1酸化部185Bは、一部が欠けた形状（本実施例の場合、凹形状）である。図25及び図26から、第1導電層145Bの下部領域から酸素が検出されている。つまり、Tiの下部に酸化Tiが形成されている。

[0082] 図24及び図27を参照すると、図24のSTEM像のコントラストの明暗において他の領域よりも明るい領域（以下、「明領域200B」という）は、図27に示すように他の領域よりもインジウムの濃度が高い領域である。図24において他の領域よりも暗い領域（以下、「暗領域210B」という）は、図27に示すように他の領域よりもインジウムの濃度が低い領域である。

[0083] 図24に示すように、第2領域135Bにおける明領域200Bの塊のサイズは、第1領域133Bにおける明領域200Bの塊のサイズよりも大きい。図24において、チャンネル領域131Bでは、明確な明領域200B及び暗領域210Bの塊は確認されないため、インジウムは偏在していないと判断される。第1領域133Bにもサイズの小さい明領域が確認されるが、これはTiの成膜時又はTi成膜後の工程で第1酸化物半導体層130Bの表層において酸化物半導体の酸素が還元され、部分的にインジウムの濃度が

高い領域が形成されたと考えられる。このように第1酸化物半導体層130Bの表層の酸素が還元されることで、酸化物半導体がn型化していると考えられる。一方、第1領域133B及び第2領域135Bにおける第1酸化物半導体層130Bでは、明領域200B及び暗領域210Bが局在しているため、インジウムは偏在していると判断される。

[0084] 上記のインジウムの偏在の様子を換言すると、チャンネル領域131Bにおける第1酸化物半導体層130Bのインジウムの偏在の程度よりも、第1領域133B及び第2領域135Bにおける第1酸化物半導体層130Bのインジウムの偏在の程度の方が大きい。つまり、平面視で、第1酸化部185Bと重なる領域における第1酸化物半導体層130Bのインジウムの偏在の程度は、第1電極140Bと重なる領域における第1酸化物半導体層130Bのインジウムの偏在の程度より小さい。上記の例では、平面視で、第1酸化部185Bと重なる領域における第1酸化物半導体層130Bのインジウムは偏在していない。第1領域133Bにおける第1酸化物半導体層130Bのインジウムの偏在の程度よりも、第2領域135Bにおける第1酸化物半導体層130Bのインジウムの偏在の程度の方が大きい。ここで、インジウムの偏在はインジウムの結晶化に起因していると考えられる。したがって、第1領域133Bにおける第1酸化物半導体層130Bの偏在したインジウムの結晶粒径よりも第2領域135Bにおける第1酸化物半導体層130Bの偏在したインジウムの結晶粒径の方が大きい、ということができる。

[0085] 図24及び図27に示すように、第2領域135Bにおいてインジウムが偏在する領域は第1導電層145Bのチャンネル領域131B側の端部に達していない。つまり、この状態では、半導体装置10BのON電流の立ち上がり異常は発生しない。

[0086] 図24、図26、及び図28を参照すると、酸素が検出されない領域とA1が検出される領域とはほぼ一致している。つまり、第2導電層147Bの端部にはほとんど酸化A1は形成されていないものと考えられる。少なくとも、第2導電層147Bの端部には数十nmオーダーの酸化A1は存在しな

い。ただし、数nmオーダーの酸化Alが第2導電層147Bの端部に存在している可能性はある。

[0087] 〈第3実施形態〉

図29～図33を用いて、本発明の一実施形態に係る半導体装置を用いた表示装置について説明する。なお、以下に示す実施形態では、上記の第1実施形態及び第2実施形態で説明した半導体装置を液晶表示装置の回路に適用した構成について説明する。

[0088] [表示装置20Cの概要]

図29は、本発明の一実施形態に係る表示装置の概要を示す平面図である。図29に示すように、表示装置20Cは、アレイ基板300C、シール部400C、対向基板500C、フレキシブルプリント回路基板600C（FPC600C）、およびICチップ700Cを有する。アレイ基板300Cおよび対向基板500Cはシール部400Cによって貼り合わせられている。シール部400Cに囲まれた液晶領域22Cには、複数の画素回路310Cがマトリクス状に配置されている。液晶領域22Cは、後述する液晶素子410Cと平面視で重なる領域である。

[0089] シール部400Cが設けられたシール領域24Cは、液晶領域22Cの周囲の領域である。FPC600Cは端子領域26Cに設けられている。端子領域26Cはアレイ基板300Cが対向基板500Cから露出された領域であり、シール領域24Cの外側に設けられている。なお、シール領域24Cの外側とは、シール部400Cが設けられた領域及びシール部400Cによって囲まれた領域の外側を意味する。ICチップ700CはFPC600C上に設けられている。ICチップ700Cは各画素回路310Cを駆動させるための信号を供給する。

[0090] [表示装置20Cの回路構成]

図30は、本発明の一実施形態に係る表示装置の回路構成を示すブロック図である。図30に示すように、画素回路310Cが配置された液晶領域22Cに対してD1方向（列方向）に隣接する位置にはソースドライバ回路3

20Cが設けられており、液晶領域22Cに対してD2方向（行方向）に隣接する位置にはゲートドライバ回路330Cが設けられている。ソースドライバ回路320C及びゲートドライバ回路330Cは、上記のシール領域24Cに設けられている。ただし、ソースドライバ回路320C及びゲートドライバ回路330Cが設けられる領域はシール領域24Cに限定されず、画素回路310Cが設けられた領域の外側であれば、どの領域でもよい。

[0091] ソースドライバ回路320Cからソース配線321CがD1方向に延びており、D1方向に配列された複数の画素回路310Cに接続されている。ゲートドライバ回路330Cからゲート配線331CがD2方向に延びており、D2方向に配列された複数の画素回路310Cに接続されている。

[0092] 端子領域26Cには端子部333Cが設けられている。端子部333Cとソースドライバ回路320Cとは接続配線341Cで接続されている。同様に、端子部333Cとゲートドライバ回路330Cとは接続配線341Cで接続されている。FPC600Cが端子部333Cに接続されることで、FPC600Cが接続された外部機器と表示装置20Cとが接続され、外部機器からの信号によって表示装置20Cに設けられた各画素回路310Cが駆動する。

[0093] 第1実施形態及び第2実施形態に示す半導体装置10、10Aは、画素回路310C、ソースドライバ回路320C、及びゲートドライバ回路330Cに含まれるトランジスタに適用される。

[0094] [表示装置20Cの画素回路310C]

図31は、本発明の一実施形態に係る表示装置の画素回路を示す回路図である。図31に示すように、画素回路310Cはトランジスタ800C、保持容量890C、及び液晶素子410Cなどの素子を含む。トランジスタ800Cは第1ゲート電極810C、第1ソース電極830C、及び第1ドレイン電極840Cを有する。第1ゲート電極810Cはゲート配線331Cに接続されている。第1ソース電極830Cはソース配線321Cに接続されている。第1ドレイン電極840Cは保持容量890C及び液晶素子41

0Cに接続されている。第1実施形態及び第2実施形態に示す半導体装置10、10Aは、図31に示すトランジスタに適用される。なお、本実施形態では、説明の便宜上、830Cをソース電極といい、840Cをドレイン電極というが、それぞれの電極のソースとしての機能とドレインとしての機能とが入れ替わってもよい。

[0095] [表示装置20Cの断面構造]

図32は、本発明の一実施形態に係る表示装置の断面図である。図32に示すように、表示装置20Cは、同一基板上に構造が異なるトランジスタ800C、900Cが設けられた表示装置である。トランジスタ800Cの構造はトランジスタ900Cの構造とは異なる。具体的には、トランジスタ800Cは、チャンネルとして第1酸化物半導体層820Cが用いられたボトムゲート型トランジスタである。トランジスタ900Cは、チャンネルとして半導体層920Cが用いられたトップゲート型トランジスタである。例えば、トランジスタ800Cは画素回路310Cに用いられ、トランジスタ900Cはソースドライバ回路320C及びゲートドライバ回路330Cに用いられる。なお、トランジスタ900Cが画素回路310Cに用いられてもよい。

[0096] トランジスタ800Cは、基板301Cに形成されたトランジスタであり、一又は複数の絶縁層を下地層とするトランジスタである。本実施例では絶縁層340C、342C、344C、346Cを下地層とする。絶縁層346Cの上に第1ゲート電極810Cが設けられている。第1ゲート電極810Cの上方に第1酸化物半導体層820Cが設けられている。第1ゲート電極810Cは第1酸化物半導体層820Cに対向している。第1ゲート電極810Cと第1酸化物半導体層820Cとの間に、ゲート絶縁層として機能する絶縁層348Cが設けられている。第1酸化物半導体層820Cのパターンの一方の端部には第1ソース電極830Cが設けられており、他方の端部には第1ドレイン電極840Cが設けられている。第1ソース電極830C及び第1ドレイン電極840Cは、それぞれ第1酸化物半導体層820C

の上面及び側面において、第1酸化物半導体層820Cに接続されている。

[0097] 第1酸化物半導体層820C、第1ソース電極830C、及び第1ドレイン電極840Cの上に第1絶縁層350C、352Cが設けられている。第1絶縁層350C、352Cには、開口851C、861Cが設けられている。第1絶縁層352Cの上及び開口851Cの内部に第1ソース配線850Cが設けられている。第1絶縁層352Cの上及び開口861Cの内部に第1ドレイン配線860Cが設けられている。第1絶縁層352Cの上面と第1ソース配線850Cとの間には酸化物層853Cが設けられている。第1絶縁層352Cの上面と第1ドレイン配線860Cとの間には酸化物層855Cが設けられている。

[0098] 第1ソース配線850C及び第1ドレイン配線860Cの上に第2絶縁層354Cが設けられている。第2絶縁層354Cの上に、複数の画素に共通して設けられる共通電極880Cが設けられている。共通電極880Cの上に第2絶縁層356Cが設けられている。第2絶縁層354C、356Cには第3開口871Cが設けられている。第2絶縁層356Cの上及び第3開口871Cの内部に画素電極870Cが設けられている。画素電極870Cは第1ドレイン配線860Cに接続されている。

[0099] 図33は、本発明の一実施形態に係る表示装置の画素電極及び共通電極の平面図である。図33に示すように、共通電極880Cは、平面視で画素電極870Cと重なる重畳領域と、画素電極870Cと重ならない非重畳領域とを有する。画素電極870Cと共通電極880Cとの間に電圧を供給すると、重畳領域の画素電極870Cから非重畳領域の共通電極880Cに向かって横電界が形成される。この横電界によって液晶素子410Cに含まれる液晶分子が動作することで、画素の階調が決定される。

[0100] 上記の構造において、トランジスタ800Cとして、図1の半導体装置10を適用することができる。この場合、図1と図32とを対比すると、それぞれの図面における各部材は、以下のように対応する。第1ゲート電極110は第1ゲート電極810Cに対応する。第1ゲート絶縁層120は絶縁層

348Cに対応する。第1酸化物半導体層130は第1酸化物半導体層820Cに対応する。第1ソース電極141は第1ソース電極830Cに対応する。第1ドレイン電極143は第1ドレイン電極840Cに対応する。第1絶縁層150は第1絶縁層350C、352Cに対応する。第1開口151は開口851Cに対応する。第1開口153は開口861Cに対応する。酸化物層160は酸化物層853C、855Cに対応する。第1ソース配線171は第1ソース配線850Cに対応する。第1ドレイン配線173は第1ドレイン配線860Cに対応する。

[0101] トランジスタ900Cは、基板301Cに形成されたトランジスタであり、絶縁層340Cを下地層とするトランジスタである。絶縁層340Cの上に遮光層910Cが設けられている。遮光層910Cの上に絶縁層342Cが設けられている。絶縁層342Cの上に半導体層920Cが設けられている。半導体層920Cの上方に第2ゲート電極930Cが設けられている。半導体層920Cと第2ゲート電極930Cとの間に、ゲート絶縁層として機能する絶縁層344Cが設けられている。第2ゲート電極930Cの上に絶縁層346C、348C、350C、352Cが設けられている。これらの絶縁層には、開口941C、951Cが設けられている。絶縁層352Cの上及び開口941Cの内部に第2ソース配線940Cが設けられている。絶縁層352Cの上及び開口951Cの内部に第2ドレイン配線950Cが設けられている。第2ソース配線940C及び第2ドレイン配線950Cの上に絶縁層354Cが設けられている。上記の構成を換言すると、第2ゲート電極930Cは、トランジスタ800Cのゲート絶縁層と同じ層（絶縁層348C）の下方に設けられている、ということができる。

[0102] 〈第4実施形態〉

図34及び図35を用いて、本発明の一実施形態に係る半導体装置を用いた表示装置について説明する。なお、以下に示す実施形態では、上記の第1実施形態及び第2実施形態で説明した半導体装置を有機EL表示装置の回路に適用した構成について説明する。なお、表示装置20Dの概要及び回路構

成は図29及び図30に示すものと同様なので、説明を省略する。

[0103] [表示装置20Dの画素回路310D]

図34は、本発明の一実施形態に係る表示装置の画素回路を示す回路図である。図34に示すように、画素回路310Dは駆動トランジスタ960D、選択トランジスタ970D、保持容量980D、及び発光素子D0などの素子を含む。選択トランジスタ970Dのソース電極は信号線971Dに接続され、選択トランジスタ970Dのゲート電極はゲート線973Dに接続されている。駆動トランジスタ960Dのソース電極はアノード電源線961Dに接続され、駆動トランジスタ960Dのドレイン電極は発光素子D0の一端に接続されている。発光素子D0の他端はカソード電源線963Dに接続されている。駆動トランジスタ960Dのゲート電極は選択トランジスタ970Dのドレイン電極に接続されている。保持容量980Dは駆動トランジスタ960Dのゲート電極及びドレイン電極に接続されている。信号線971Dには、発光素子D0の発光強度を決める階調信号が供給される。ゲート線973Dには、上記の階調信号を書き込む画素行を選択する信号が供給される。

[0104] [表示装置20Dの断面構造]

図35は、本発明の一実施形態に係る表示装置の断面図である。図35に示す表示装置20Dの構成は、図32に示す表示装置20Cと類似しているが、表示装置20Dの絶縁層354Dよりも上方の構造が表示装置20Cの絶縁層354Cよりも上方の構造と相違する。以下、図35に示す表示装置20Dの構成のうち、図32に示す表示装置20Cと同様の構成については説明を省略し、表示装置20Cとの相違点について説明する。

[0105] 図35に示すように、表示装置20Dは、絶縁層354Dの上方に画素電極981D、発光層983D、及び共通電極985Dを有する。画素電極981Dは絶縁層354Dの上及び第3開口871Dの内部に設けられている。画素電極981Dの上に絶縁層358Dが設けられている。絶縁層358Dには開口359Dが設けられている。開口359Dは発光領域に対応する

。つまり、絶縁層358Dは画素を画定する。開口359Dによって露出した画素電極981Dの上に発光層983D及び共通電極985Dが設けられている。画素電極981D及び発光層983Dは、各画素に対して個別に設けられている。一方、共通電極985Dは、複数の画素に共通して設けられている。発光層983Dは、画素の表示色に応じて異なる材料が用いられる。

[0106] 第3実施形態及び第4実施形態では、第1実施形態及び第2実施形態で説明した半導体装置を液晶表示装置及び有機EL表示装置に適用した構成について例示したが、これらの表示装置以外の表示装置(例えば、有機EL表示装置以外の自発光型表示装置又は電子ペーパー型表示装置)に当該半導体装置を適用してもよい。また、中小型の表示装置から大型の表示装置まで、特に限定することなく上記半導体装置の適用が可能である。

[0107] 本発明の実施形態として上述した各実施形態は、相互に矛盾しない限りにおいて、適宜組み合わせる実施することができる。また、各実施形態の表示装置を基にして、当業者が適宜構成要素の追加、削除もしくは設計変更を行ったもの、又は、工程の追加、省略もしくは条件変更を行ったものも、本発明の要旨を備えている限り、本発明の範囲に含まれる。

[0108] 上述した各実施形態の態様によりもたらされる作用効果とは異なる他の作用効果であっても、本明細書の記載から明らかなもの、又は、当業者において容易に予測し得るものについては、当然に本発明によりもたらされるものと解される。

符号の説明

[0109] 10：半導体装置、 20C：表示装置、 22C：液晶領域、 24C：シール領域、 26C：端子領域、 100：基板、 110：第1ゲート電極、 120：第1ゲート絶縁層、 130：第1酸化物半導体層、 131：チャンネル領域、 133：第1領域、 135B：第2領域、 137：第1面、 138：第2面、 139：窒素含有領域、 139Z：領域、 140：第1電極、 141：第1ソース電極、 143：第1ドレ

イン電極、 145B : 第1導電層、 147B : 第2導電層、 149B : 第3導電層、 150 : 第1絶縁層、 151 : 第1開口、 153 : 第1開口、 160 : 酸化物層、 161 : 第2開口、 163 : 第2開口、 170 : 第1導電層、 171 : 第1ソース配線、 173 : 第1ドレイン配線、 180B : 酸化部、 185B : 第1酸化部、 187B : 第2酸化部、 189B : 第3酸化部、 200B : 明領域、 201 : 指定ライン、 202 : ライン抽出幅、 210B : 暗領域、 219Z、 229Z : スペクトル、 300C : アレイ基板、 301C : 基板、 310C : 画素回路、 320C : ソースドライバ回路、 321C : ソース配線、 330C : ゲートドライバ回路、 331C : ゲート配線、 333C : 端子部、 340C、 342C、 344C、 346C、 348C、 350C、 352C、 354C、 354D、 358D、 : 絶縁層、 341C : 接続配線、 359D : 開口、 400C : シール部、 410C : 液晶素子、 500C : 対向基板、 600C : フレキシブルプリント回路基板、 700C : チップ、 800C : トランジスタ、 810C : 第1ゲート電極、 820C : 第1酸化物半導体層、 830C : 第1ソース電極、 840C : 第1ドレイン電極、 850C : 第1ソース配線、 851C、 861C : 開口、 853C、 855C : 酸化物層、 860C : 第1ドレイン配線、 870C : 画素電極、 871C : 第3開口、 880C : 共通電極、 890C : 保持容量、 900C : トランジスタ、 910C : 遮光層、 920C : 半導体層、 930C : 第2ゲート電極、 940C : 第2ソース配線、 941C、 951C : 開口、 950C : 第2ドレイン配線、 960D : 駆動トランジスタ、 961D : アノード電源線、 963D : カソード電源線、 970D : 選択トランジスタ、 971D : 信号線、 973D : ゲート線、 980D : 保持容量、 981D : 画素電極、 983D : 発光層、 985D : 共通電極

請求の範囲

- [請求項1] 第1面及び前記第1面の反対の第2面を備えた酸化物半導体層と、前記酸化物半導体層に対向するゲート電極と、前記酸化物半導体層と前記ゲート電極との間のゲート絶縁層と、それぞれ前記酸化物半導体層の前記第1面に接する一对の第1電極と、を有し、
前記酸化物半導体層は、前記一对の第1電極のうち少なくとも一方の前記第1電極の端部付近の領域において、前記第1面から2ナノメートル以内の深さの範囲内に、窒素の組成比が2パーセント以上の領域を有する半導体装置。
- [請求項2] 絶縁層をさらに有し、
前記絶縁層は、前記一对の第1電極で挟まれた前記酸化物半導体層の前記第1面を覆う、請求項1に記載の半導体装置。
- [請求項3] 前記酸化物半導体層は、前記一对の第1電極のうち少なくとも一方の前記第1電極の端部付近の領域において、前記第1面から2ナノメートル以内の深さの範囲内に、窒素の組成比が6パーセント以上の領域を有する、請求項1又は2に記載の半導体装置。
- [請求項4] 前記窒素の組成比は、走査型透過電子顕微鏡（STEM）に備えられたエネルギー分散型X線分光分析器（EDX）を用いて測定された組成比である、請求項1又は2に記載の半導体装置。
- [請求項5] 前記酸化物半導体層の上方において前記第1電極の端部に形成され、前記第1電極の酸化物である酸化部をさらに有し、
前記第1電極は、前記酸化物半導体層の上方から前記酸化物半導体層に接する、請求項1又は2に記載の半導体装置。
- [請求項6] 前記酸化物半導体層のうち、平面視で前記第1電極と重なる領域において、インジウムが偏在している、請求項5に記載の半導体装置。
- [請求項7] 前記酸化物半導体層のうち、平面視で前記酸化部と重なる領域におけるインジウムの偏在の程度は、前記第1電極と重なる領域における

インジウムの偏在の程度より小さい、請求項 5 に記載の半導体装置。

[請求項 8] 平面視で前記酸化部と重なる領域においてインジウムは偏在していない、請求項 7 に記載の半導体装置。

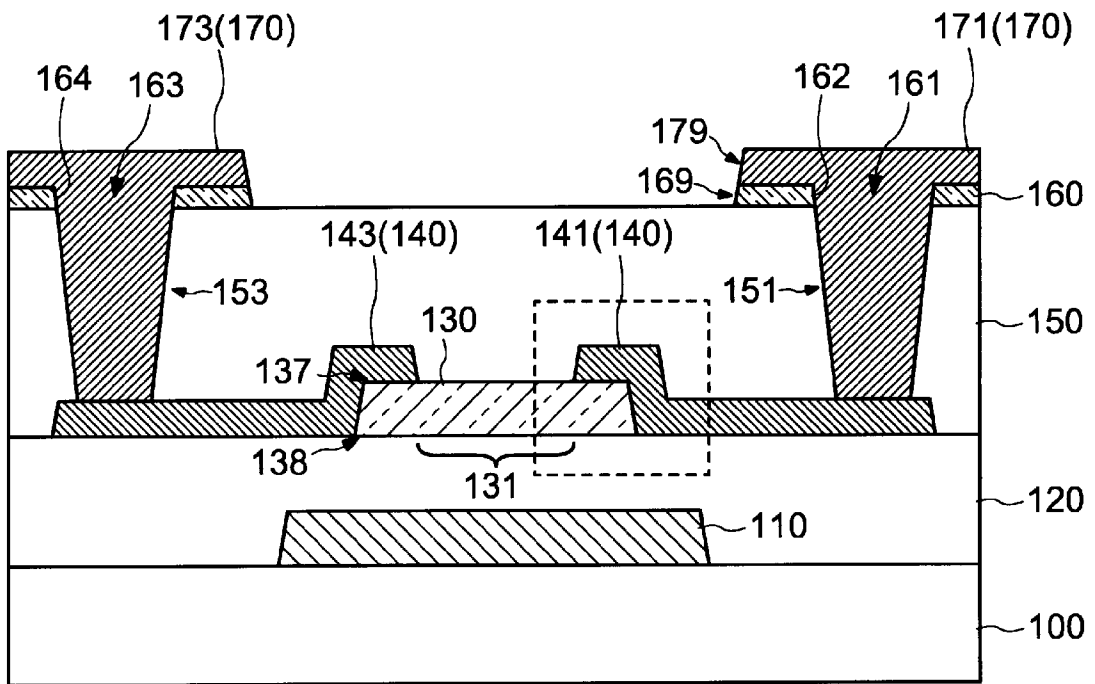
[請求項 9] 前記酸化部は導電性を有する、請求項 5 に記載の半導体装置。

[請求項 10] 前記第 1 電極の上方に設けられた第 2 電極をさらに有し、
前記酸化部は、前記第 2 電極の端部よりも前記チャンネル領域側に位置している、請求項 5 に記載の半導体装置。

[請求項 11] 前記ゲート電極及び前記ゲート絶縁層は、前記酸化物半導体層の下方に設けられている、請求項 1 又は 2 に記載の半導体装置。

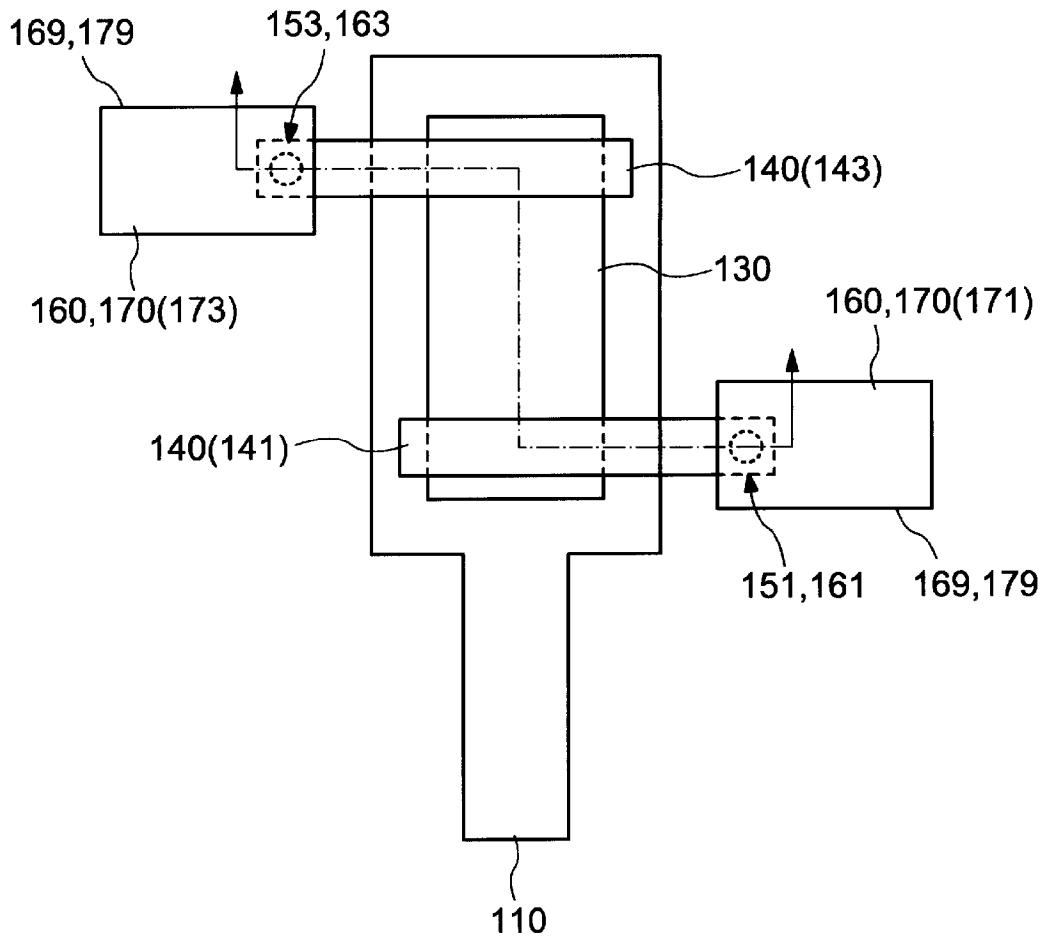
[図1]

10

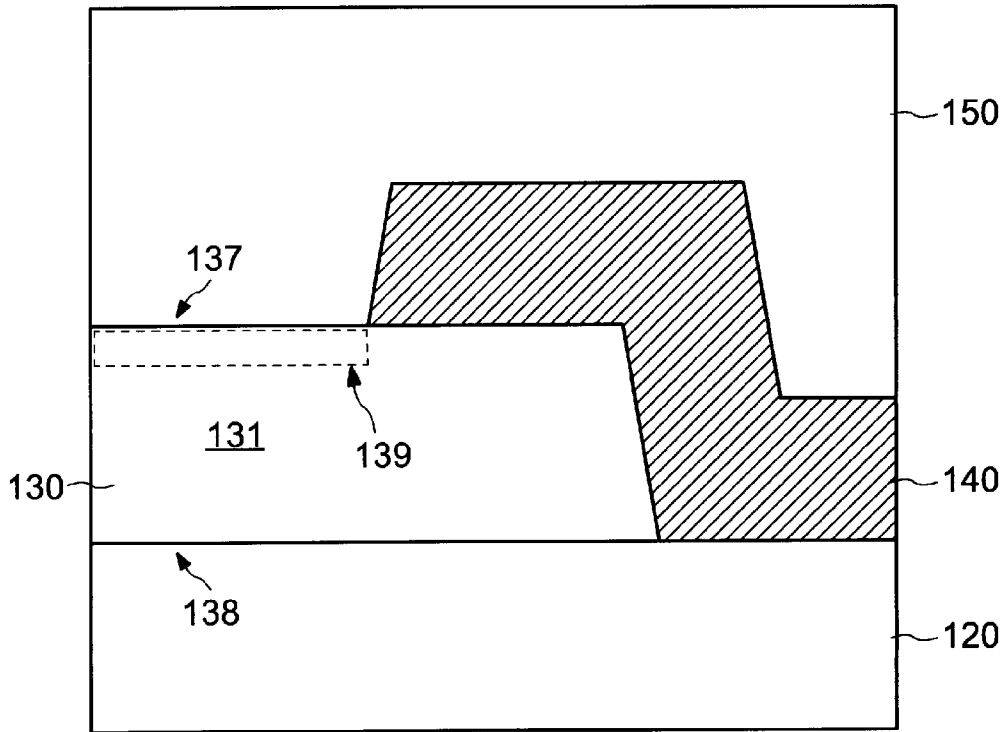


[図2]

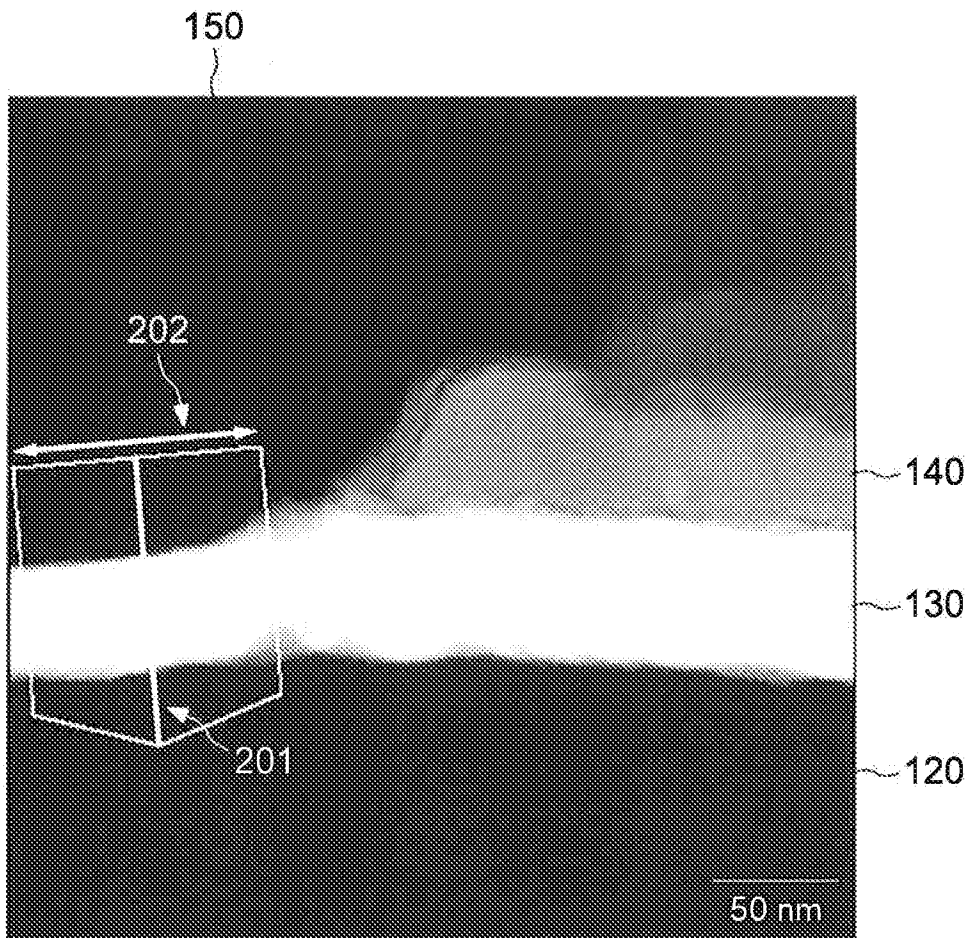
10



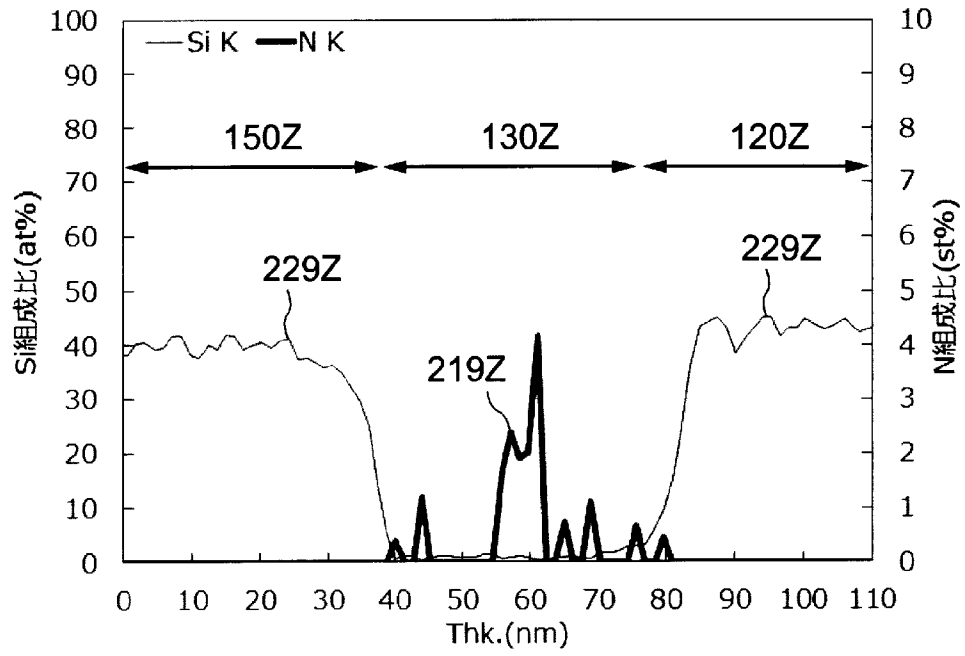
[図3]



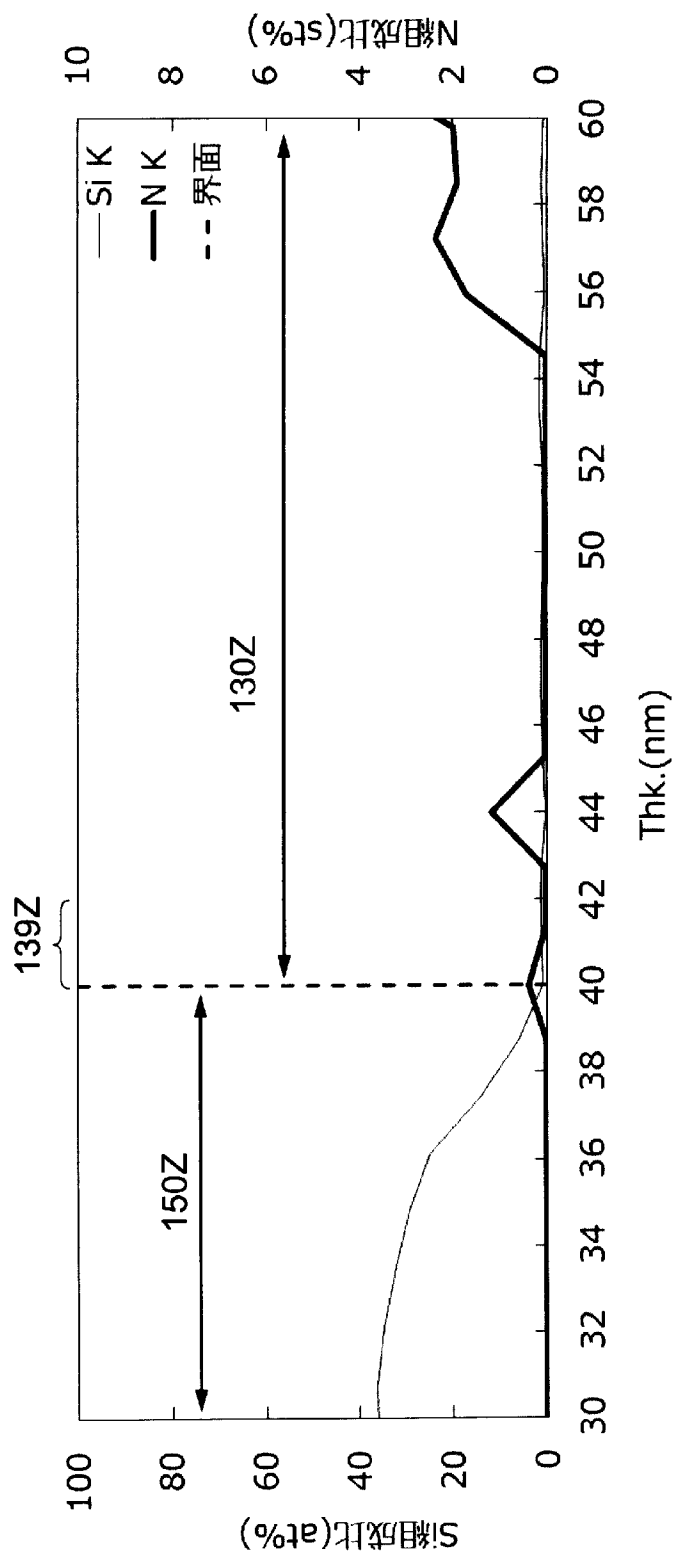
[図4]



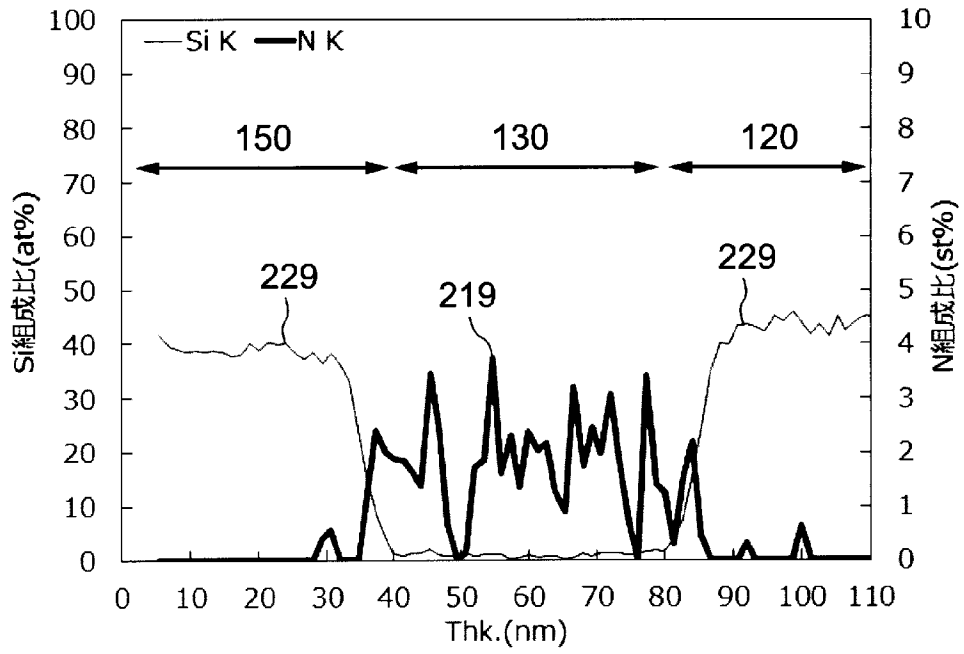
[図5]



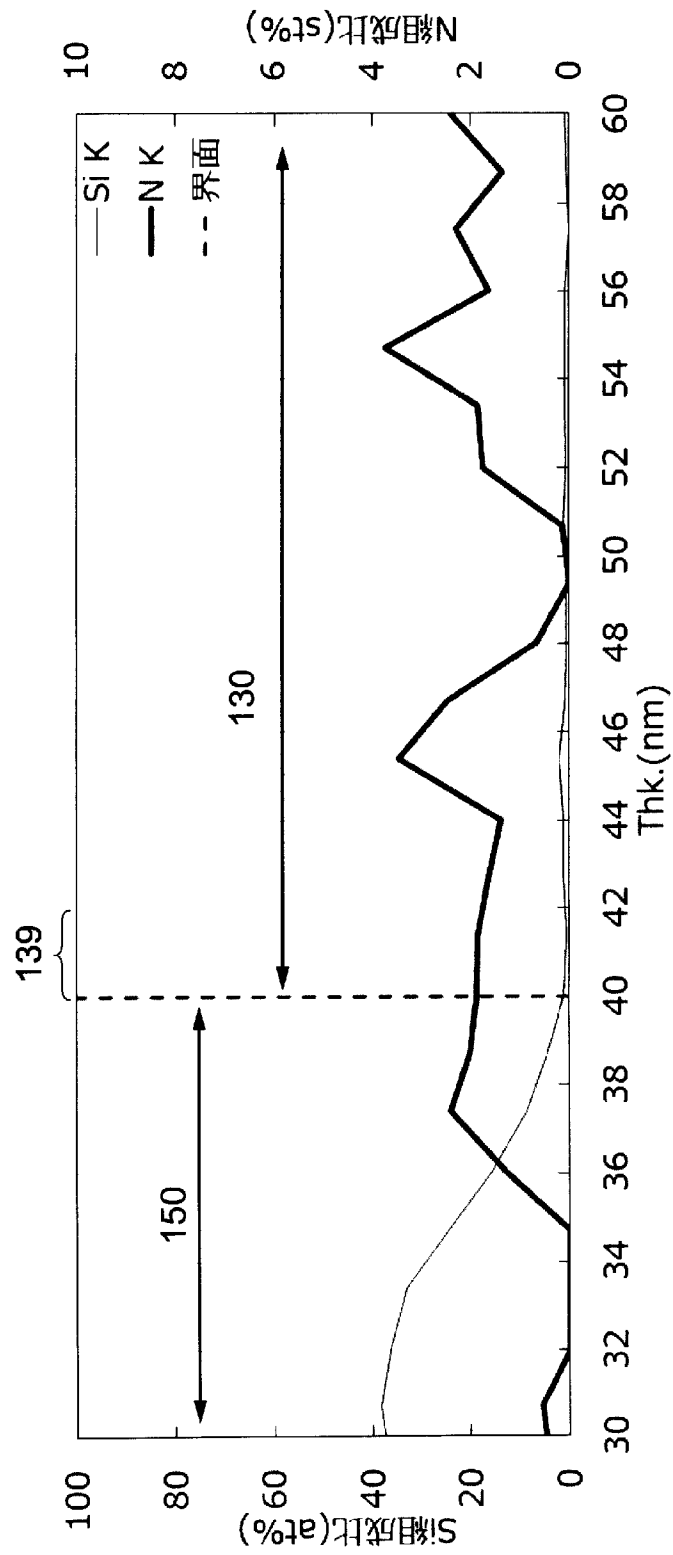
[図6]



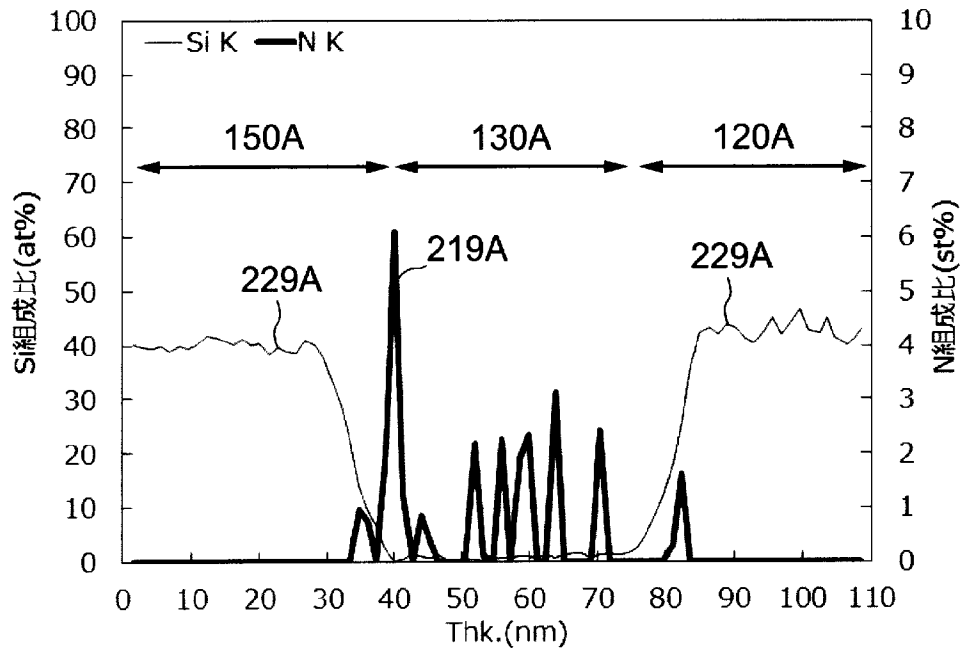
[図7]



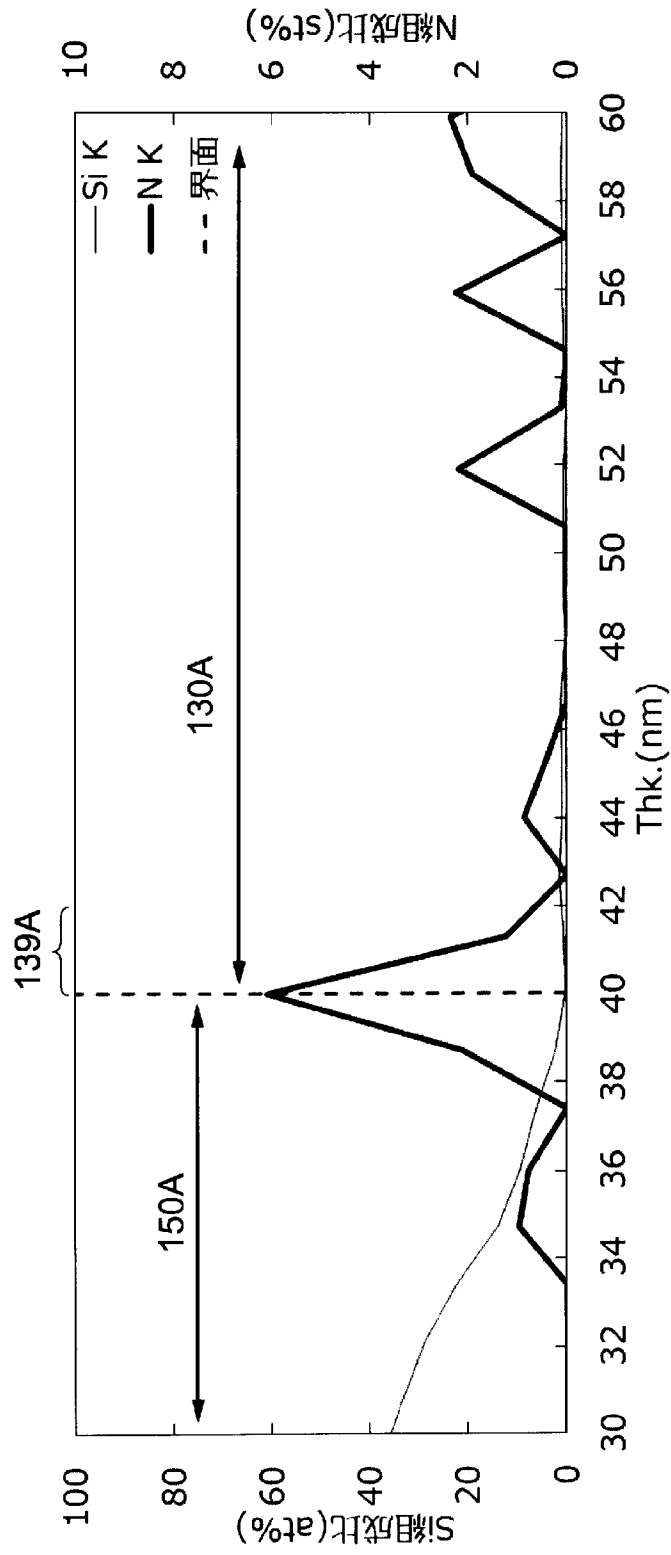
[図8]



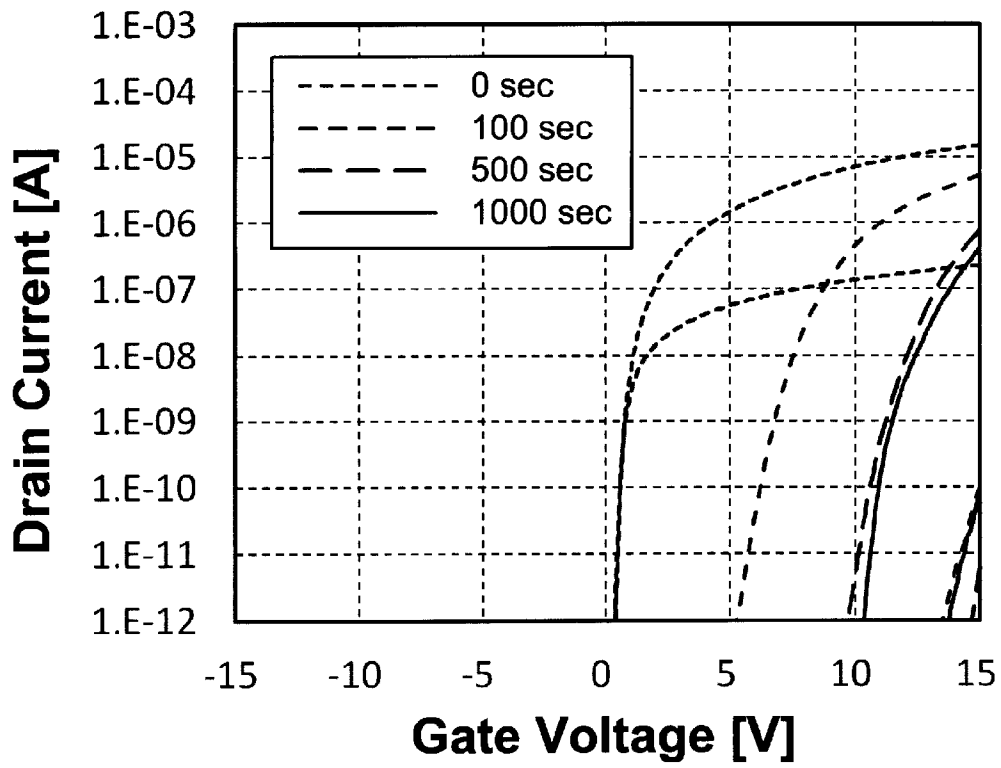
[図9]



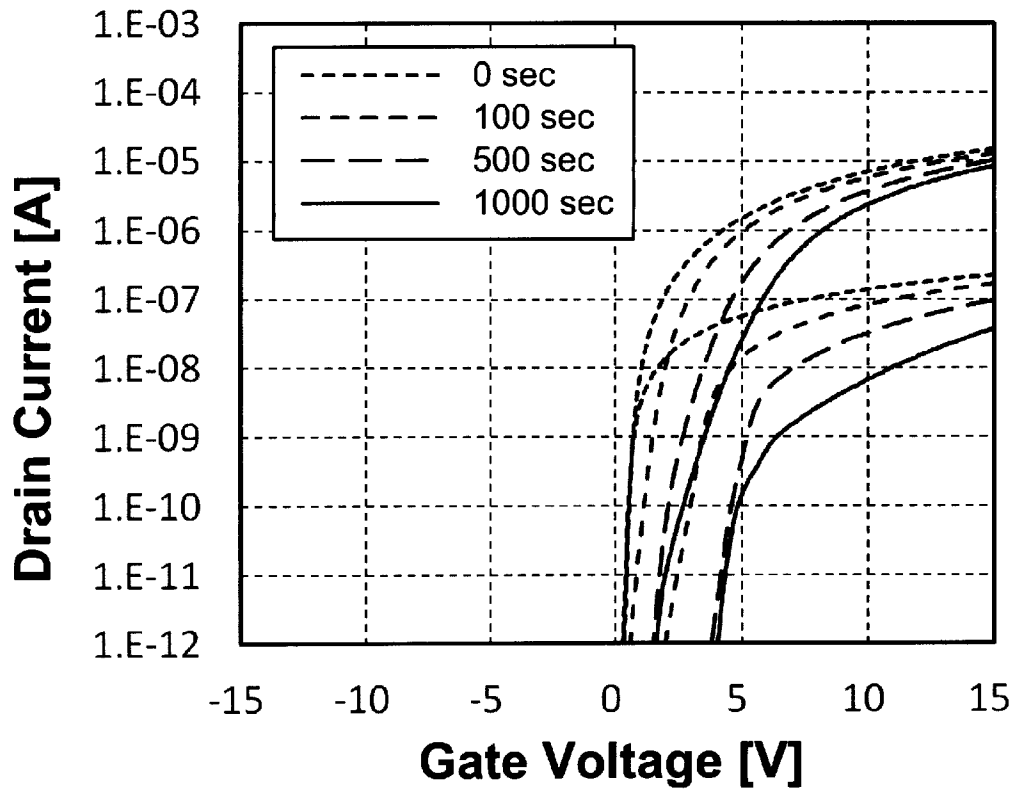
[図10]



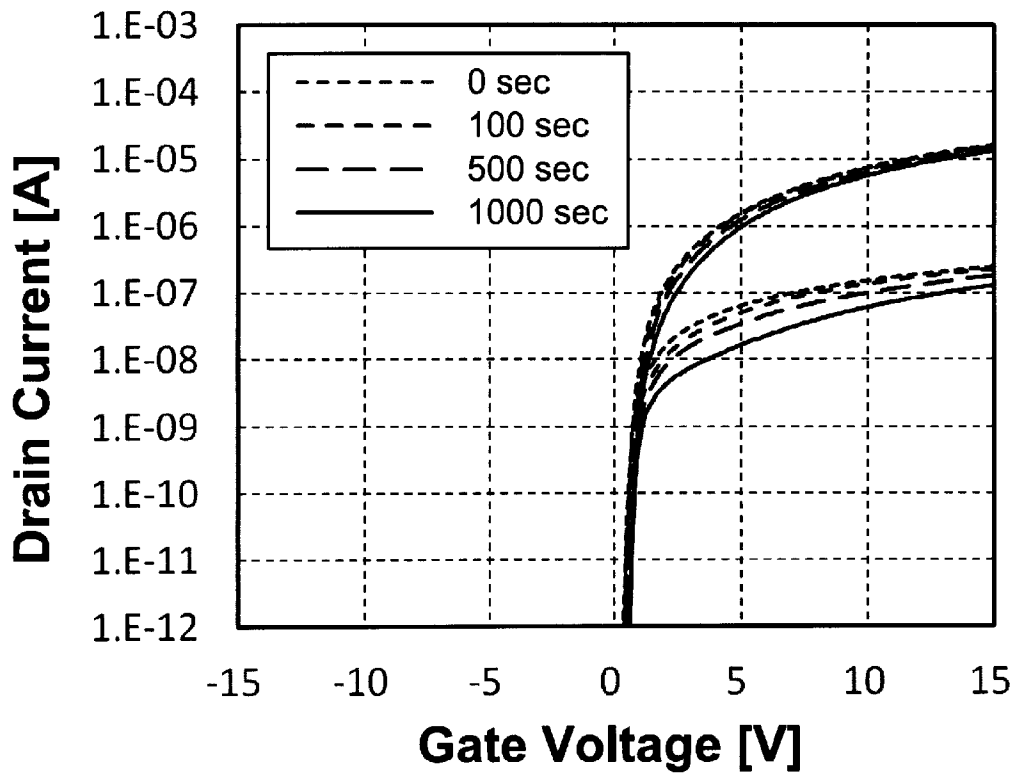
[図11]



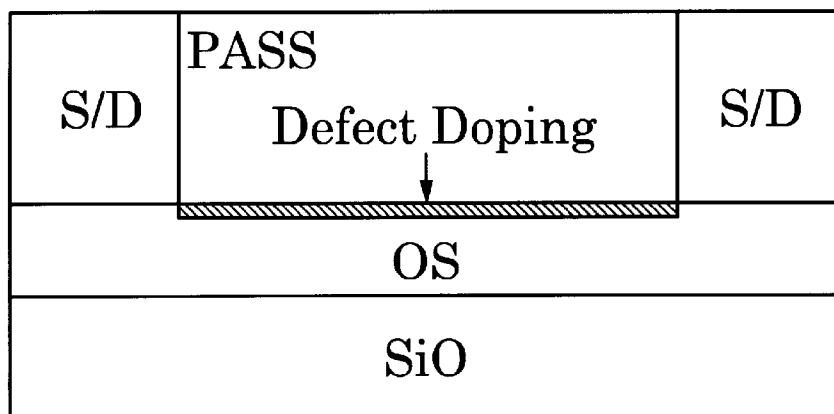
[図12]



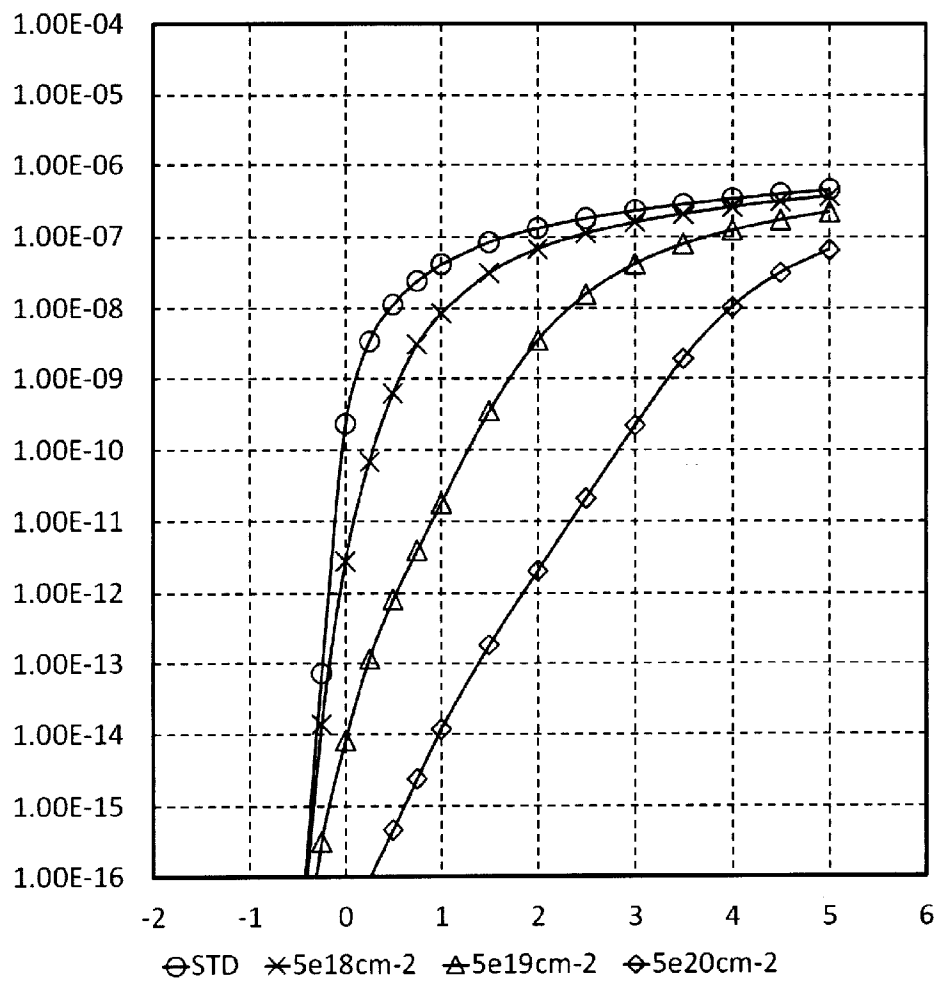
[図13]



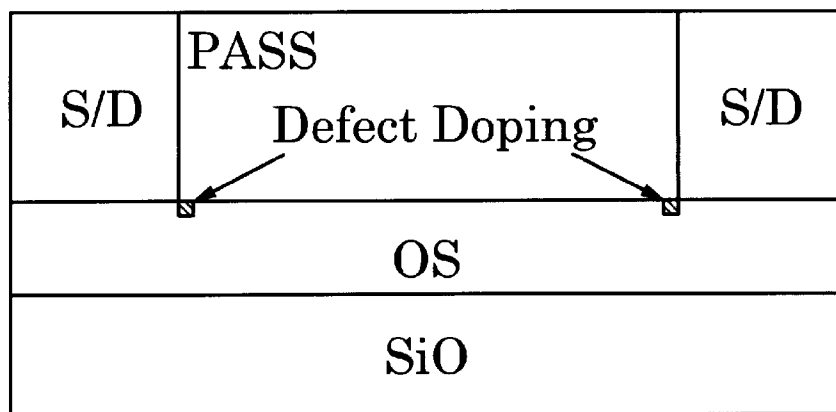
[図14]



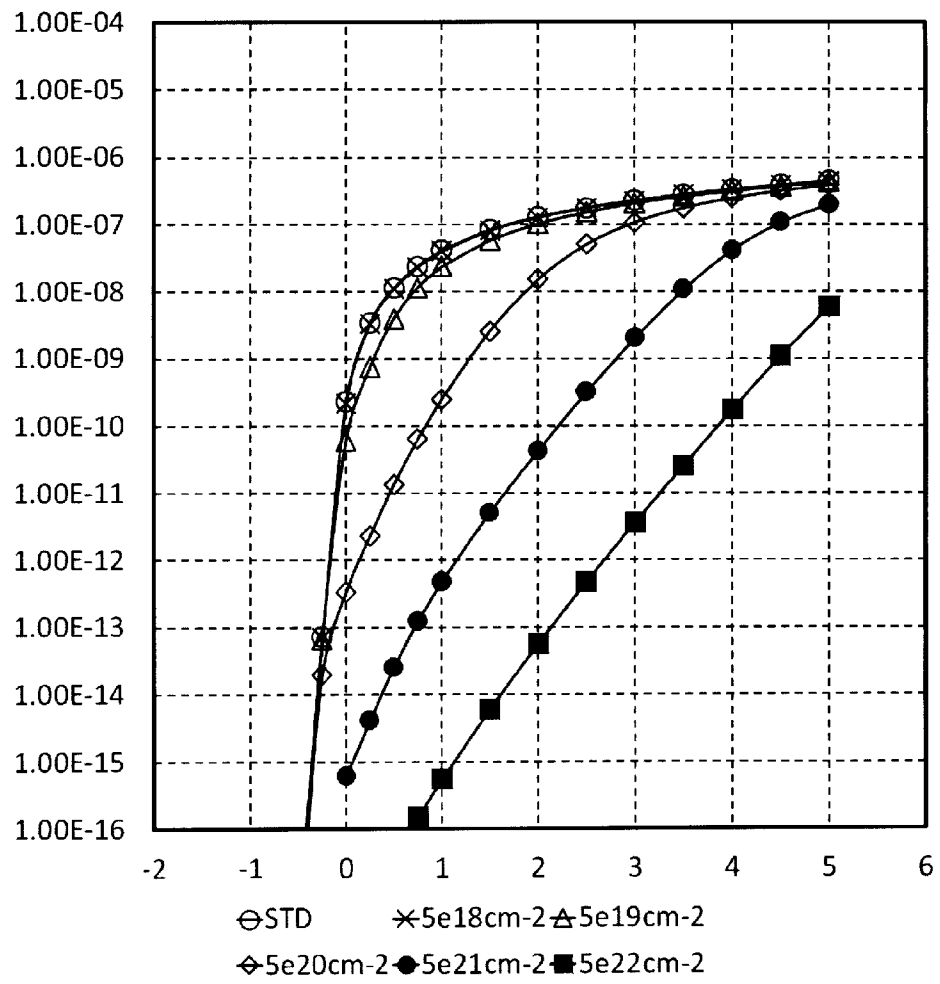
[図15]



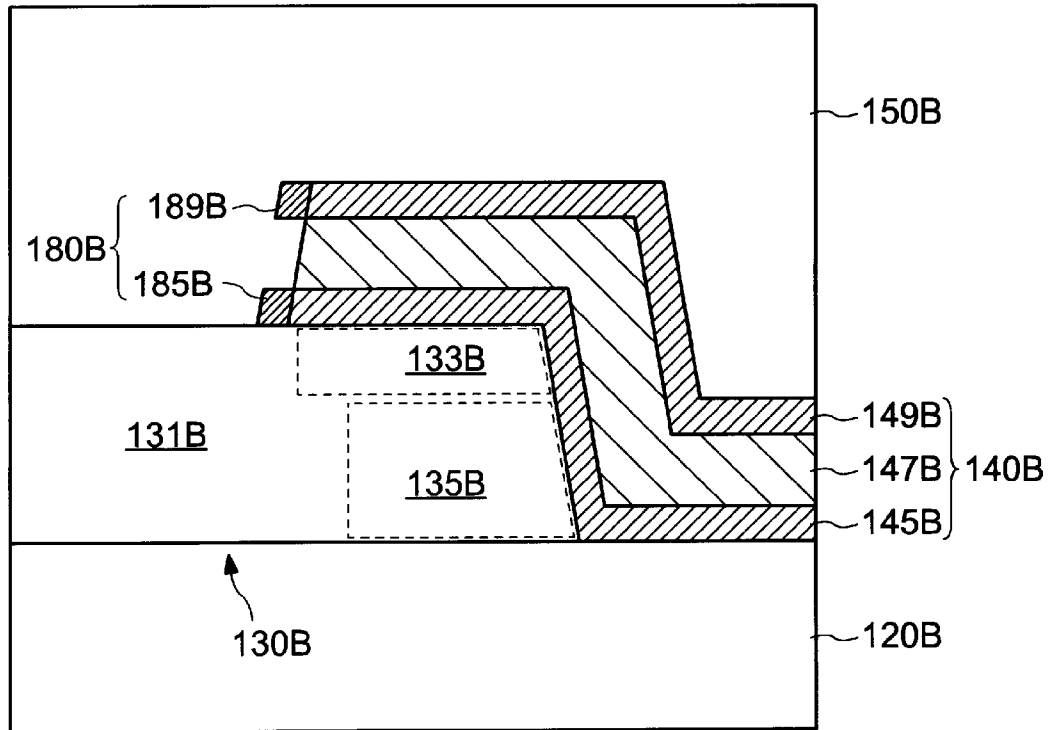
[図16]



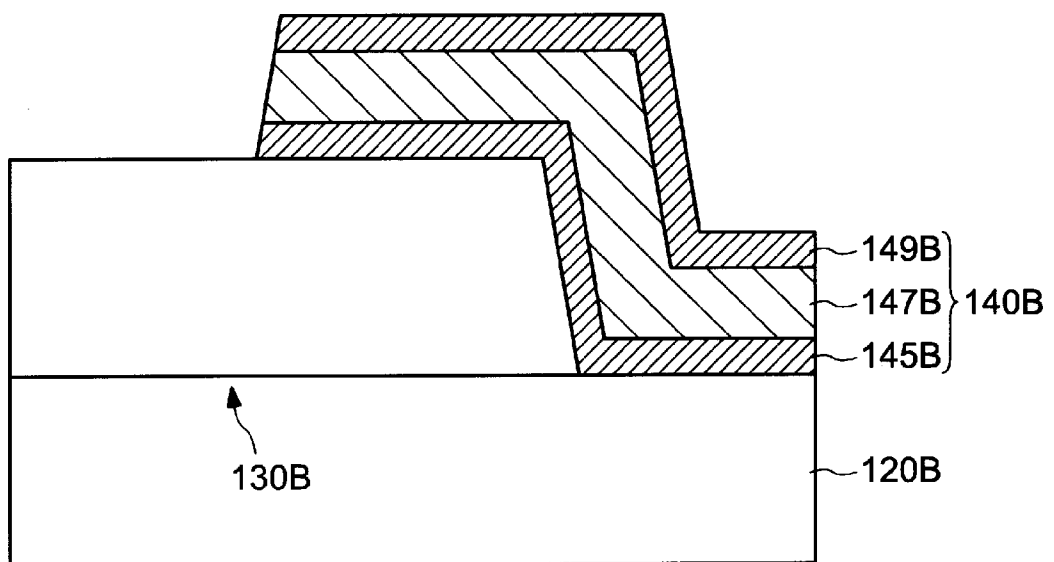
[図17]



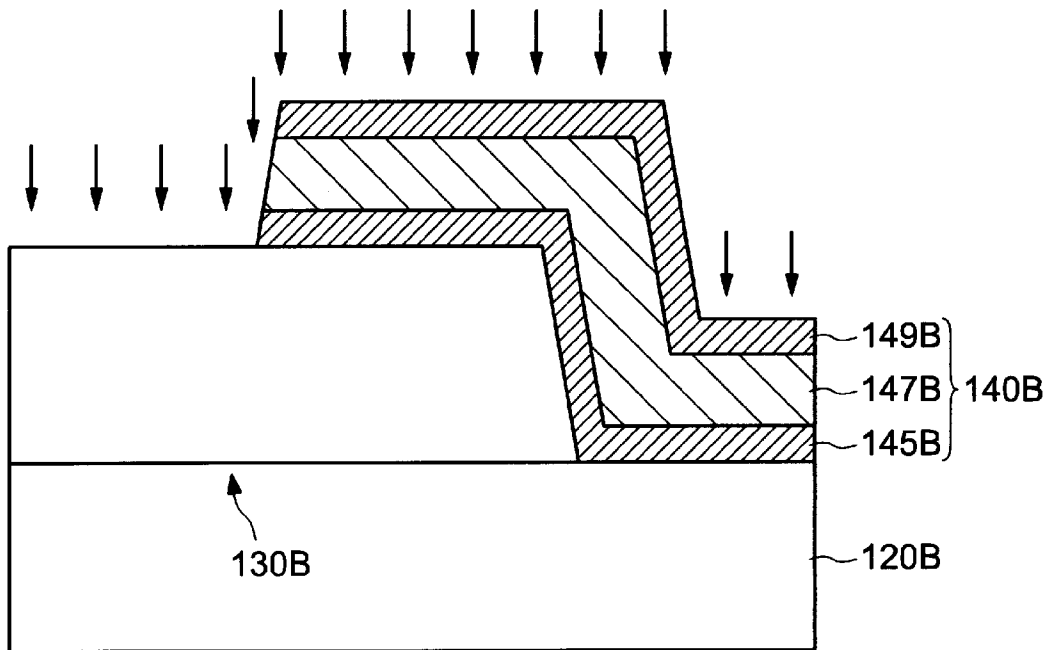
[図18]

10B

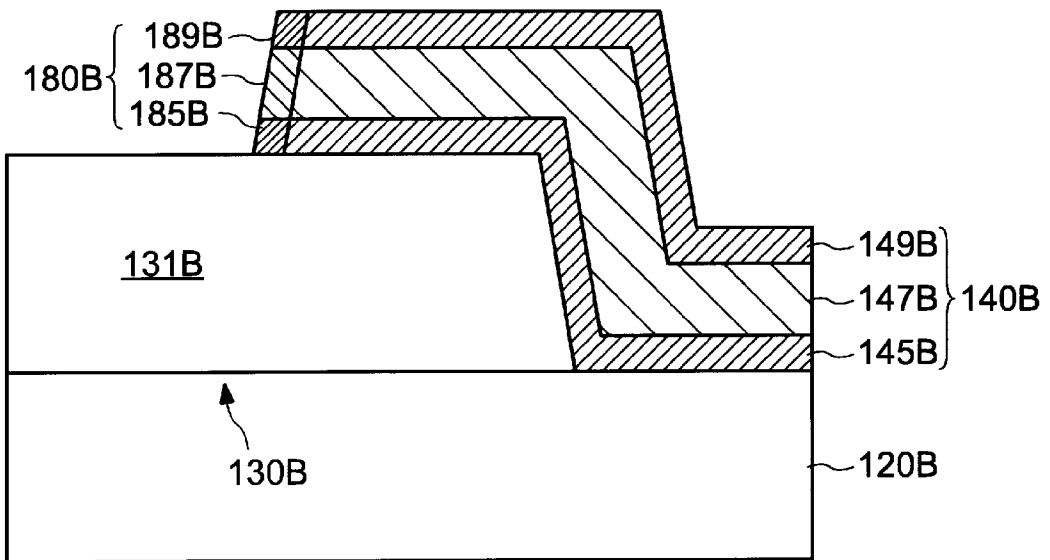
[図19]



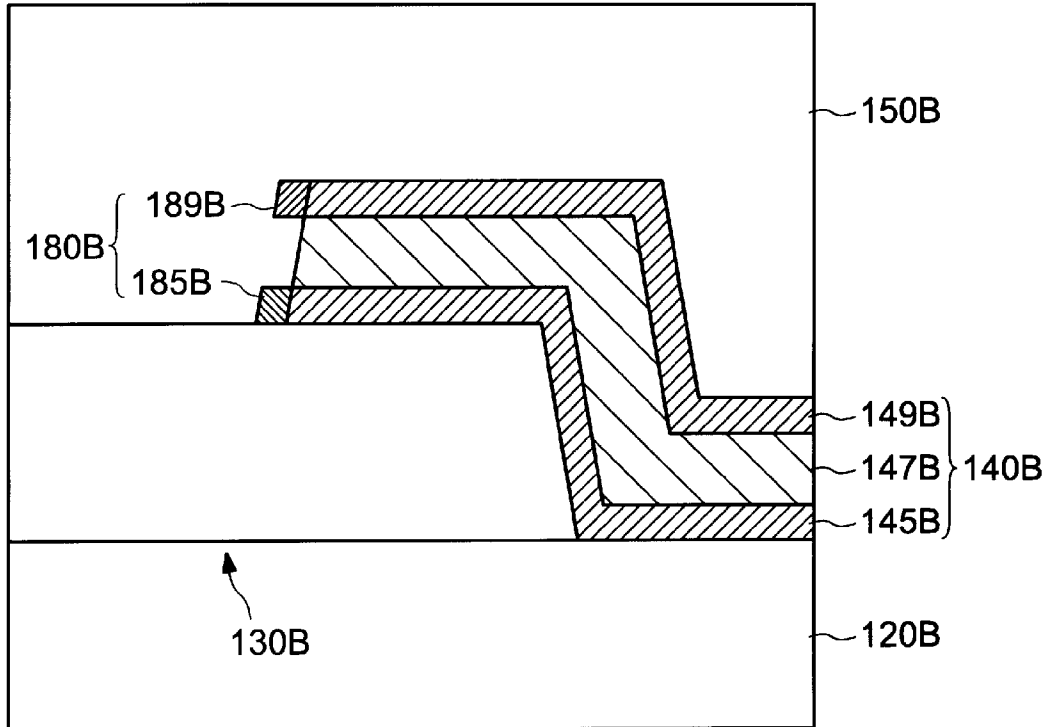
[図20]



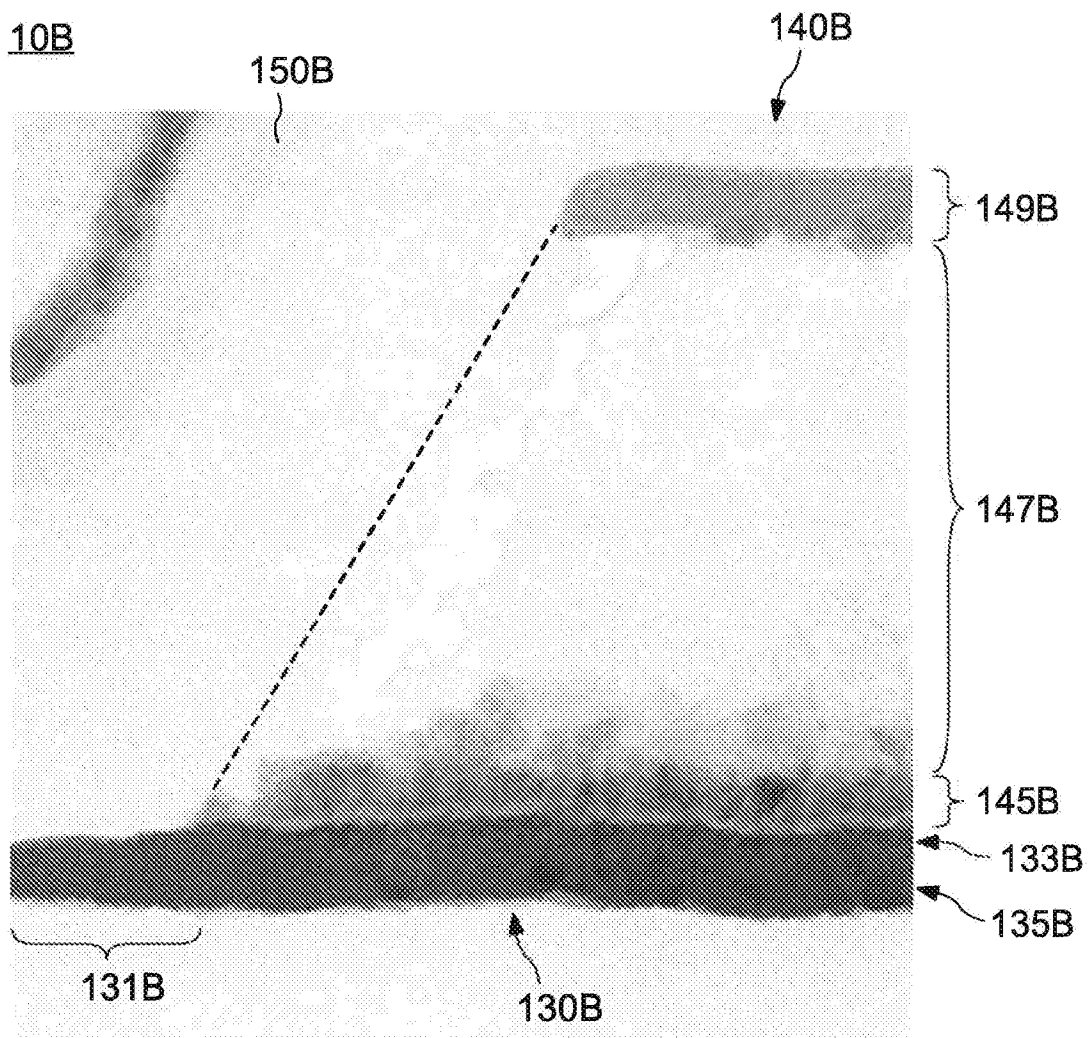
[図21]



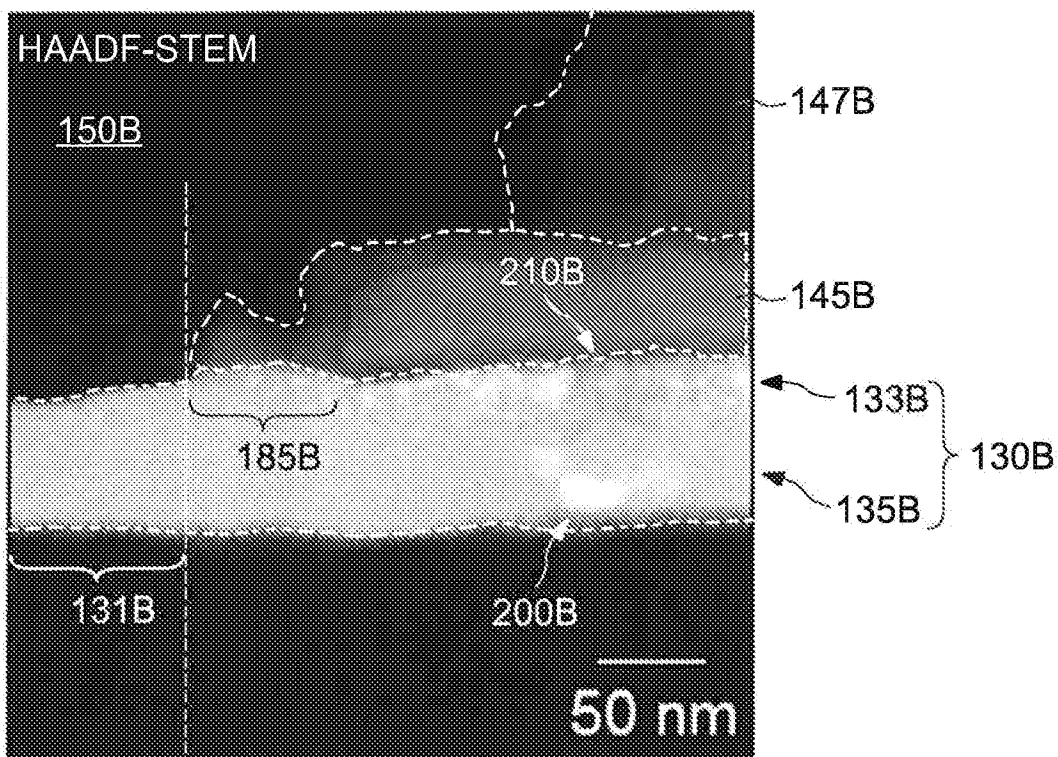
[図22]



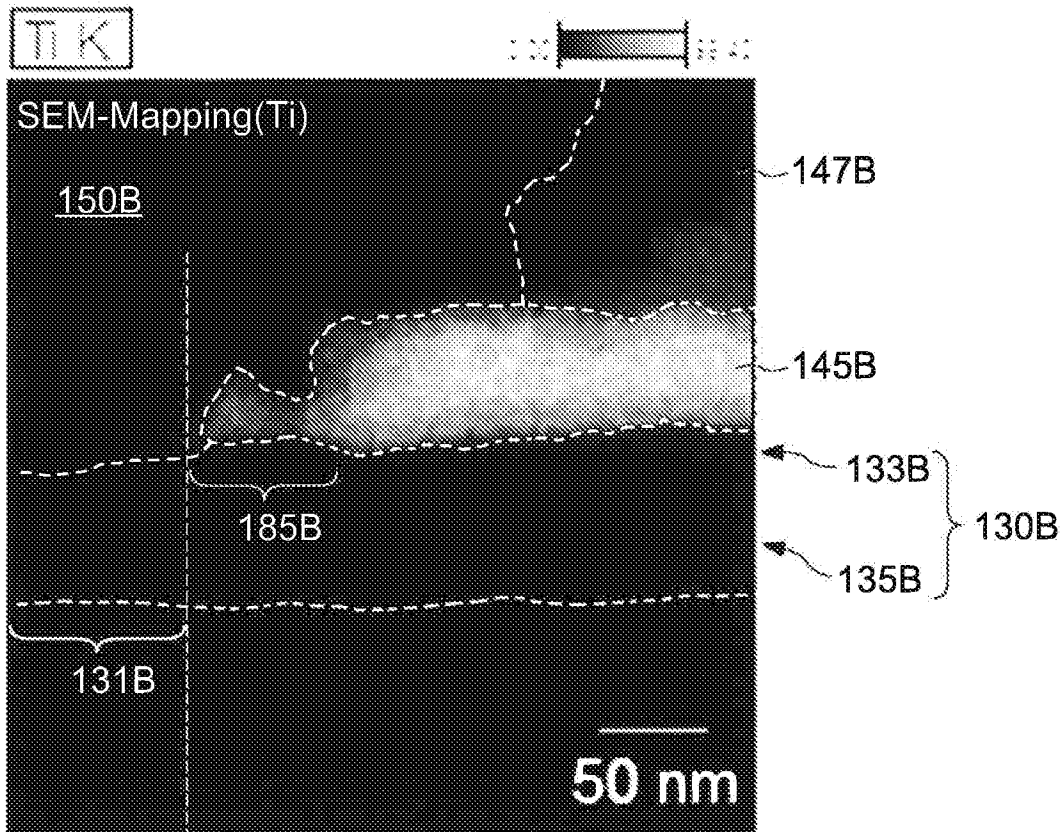
[図23]



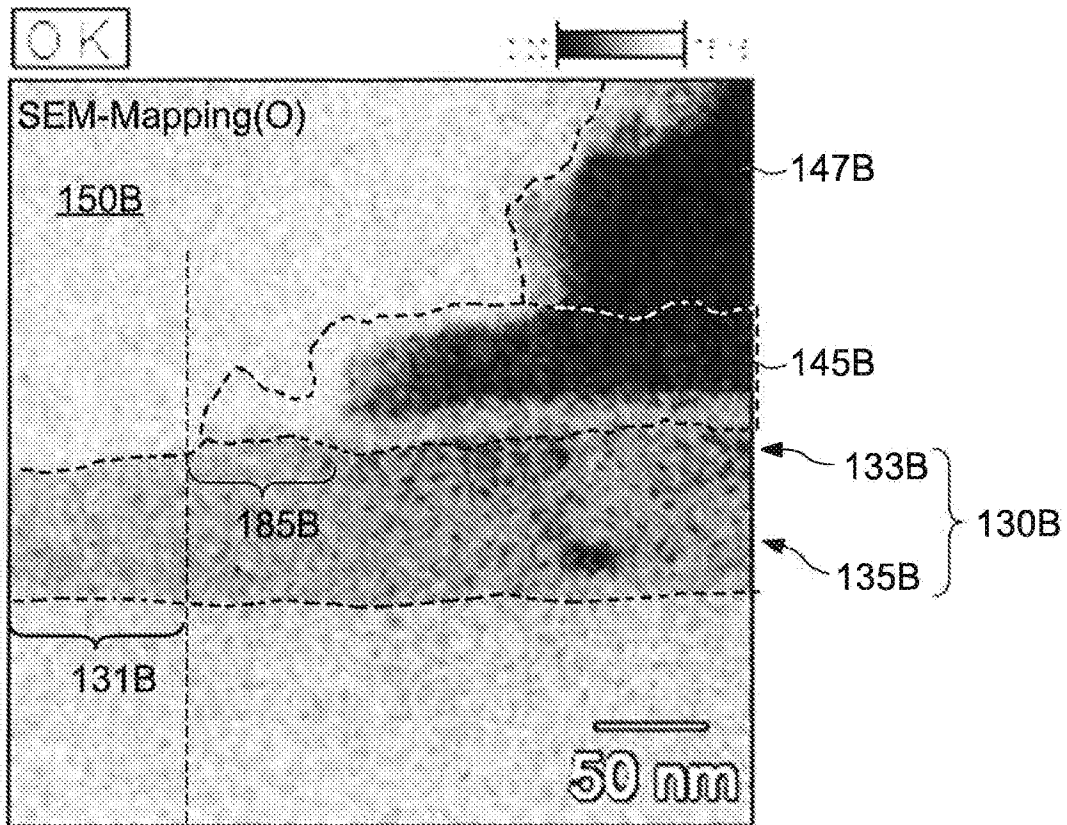
[図24]



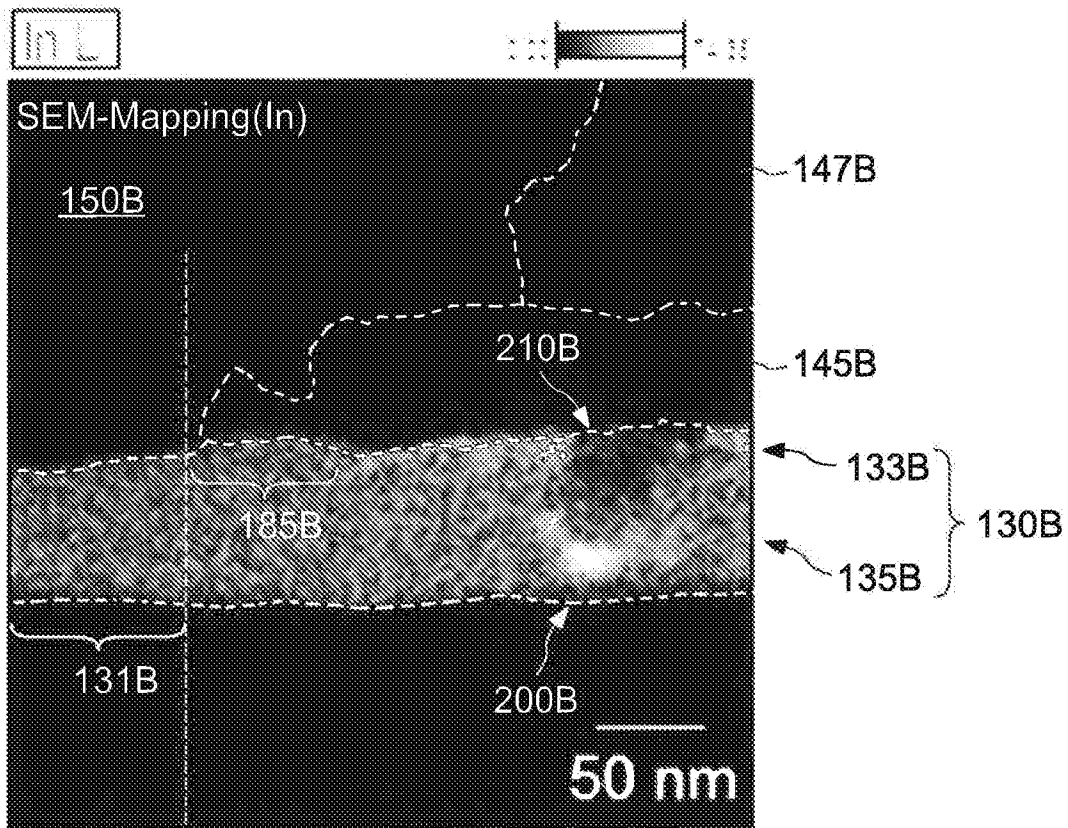
[図25]



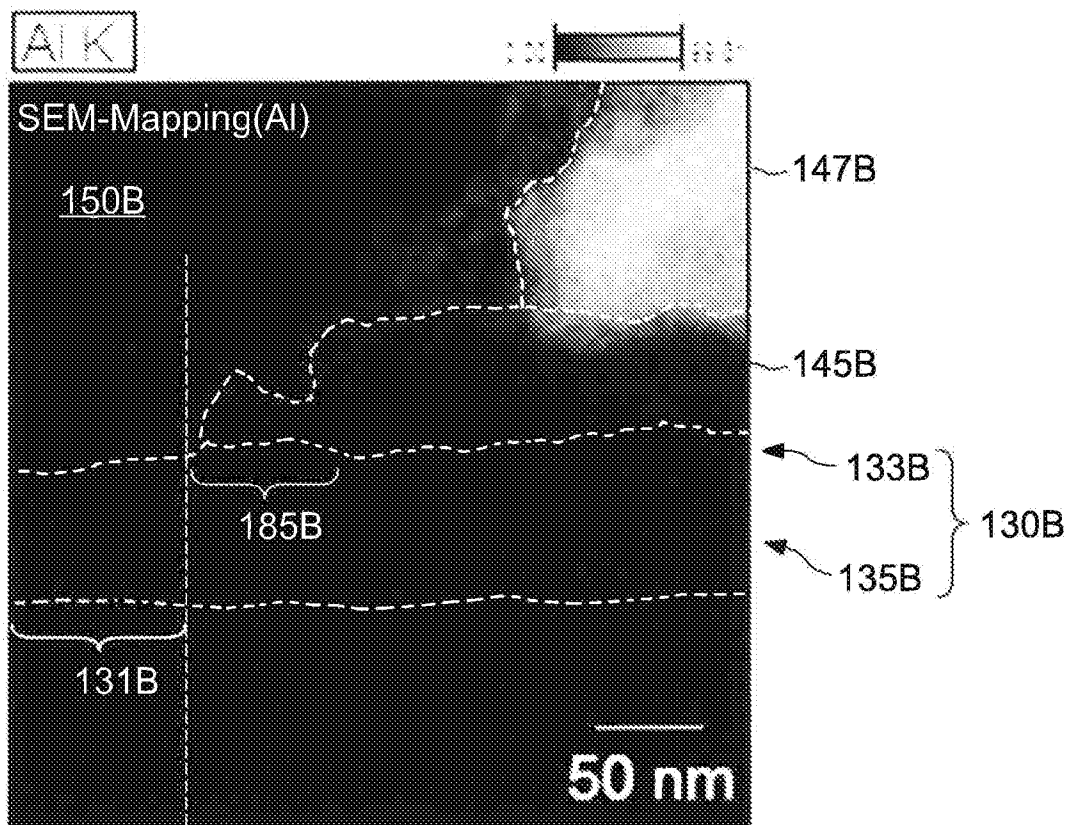
[図26]



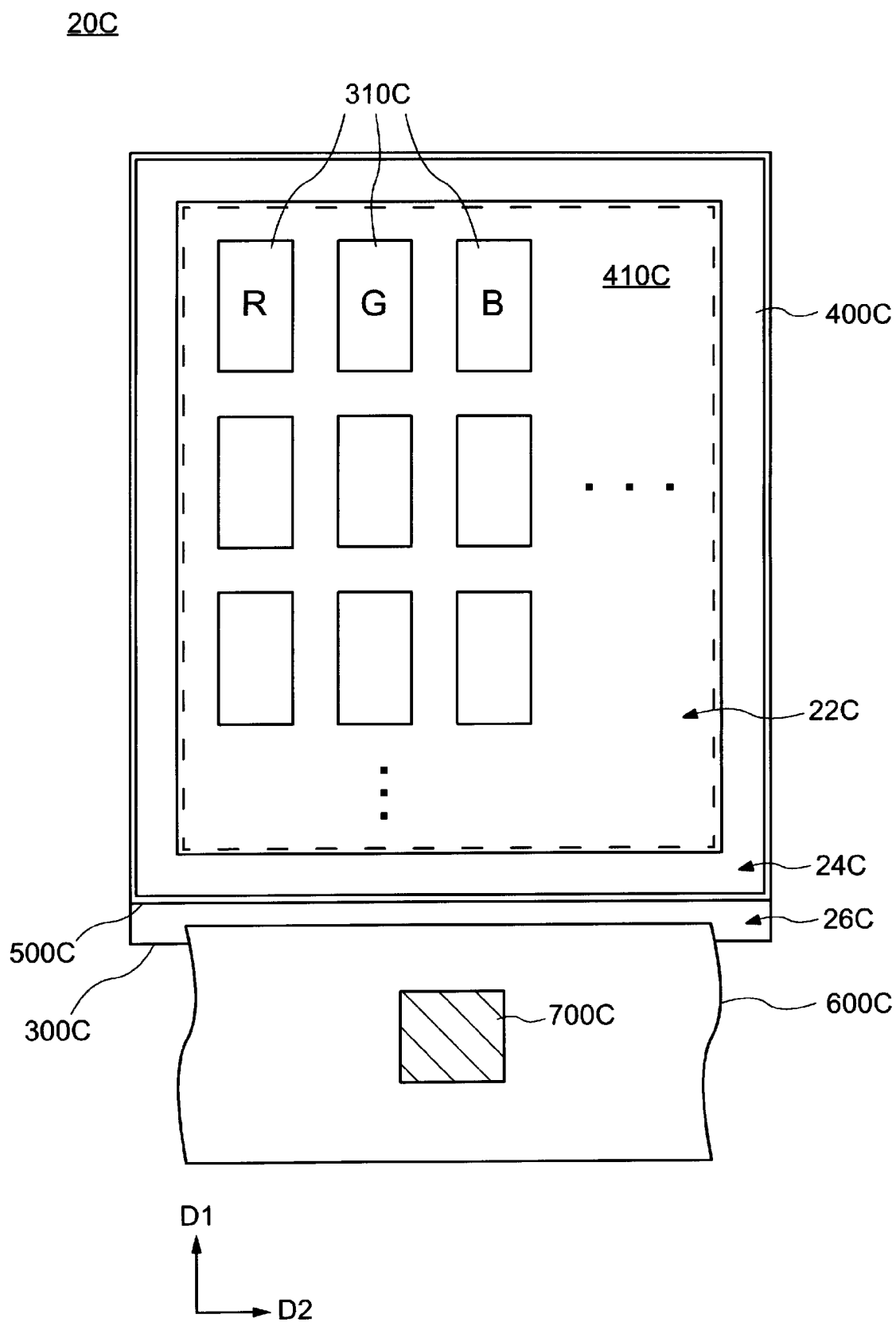
[図27]



[図28]

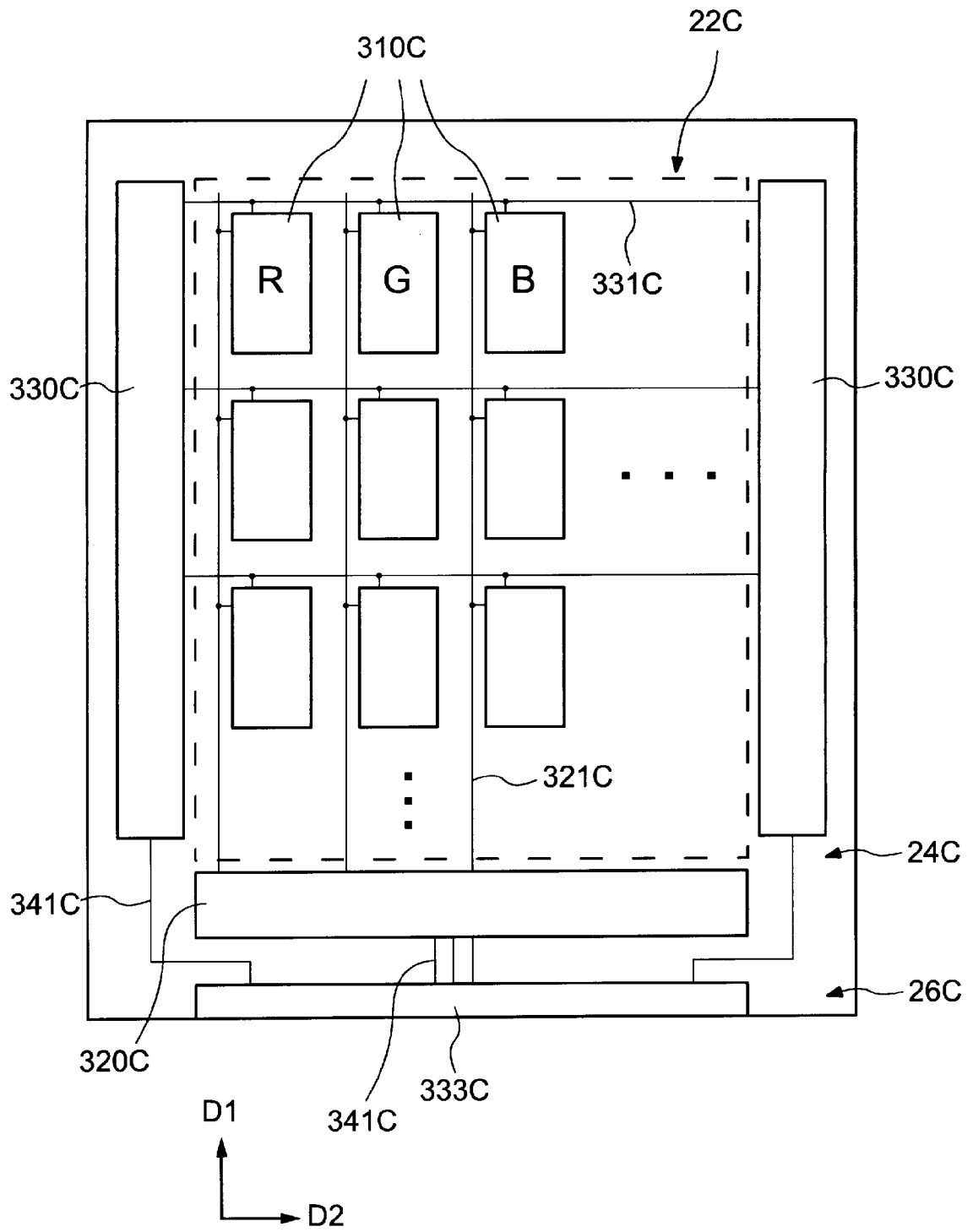


[図29]

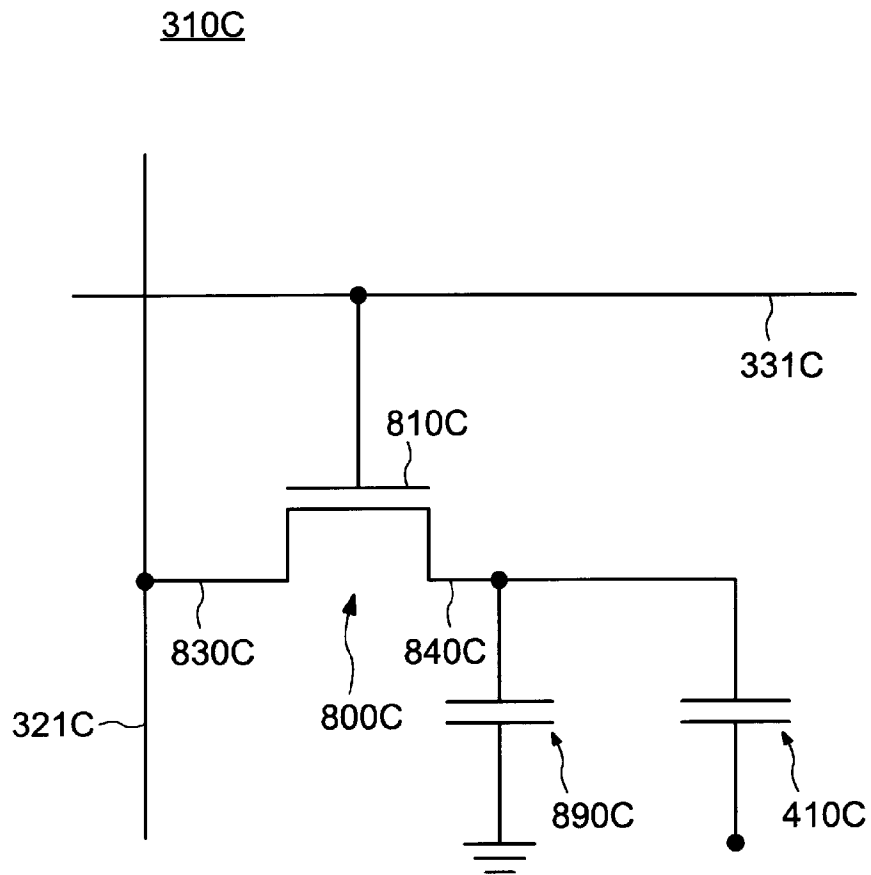


[図30]

20C

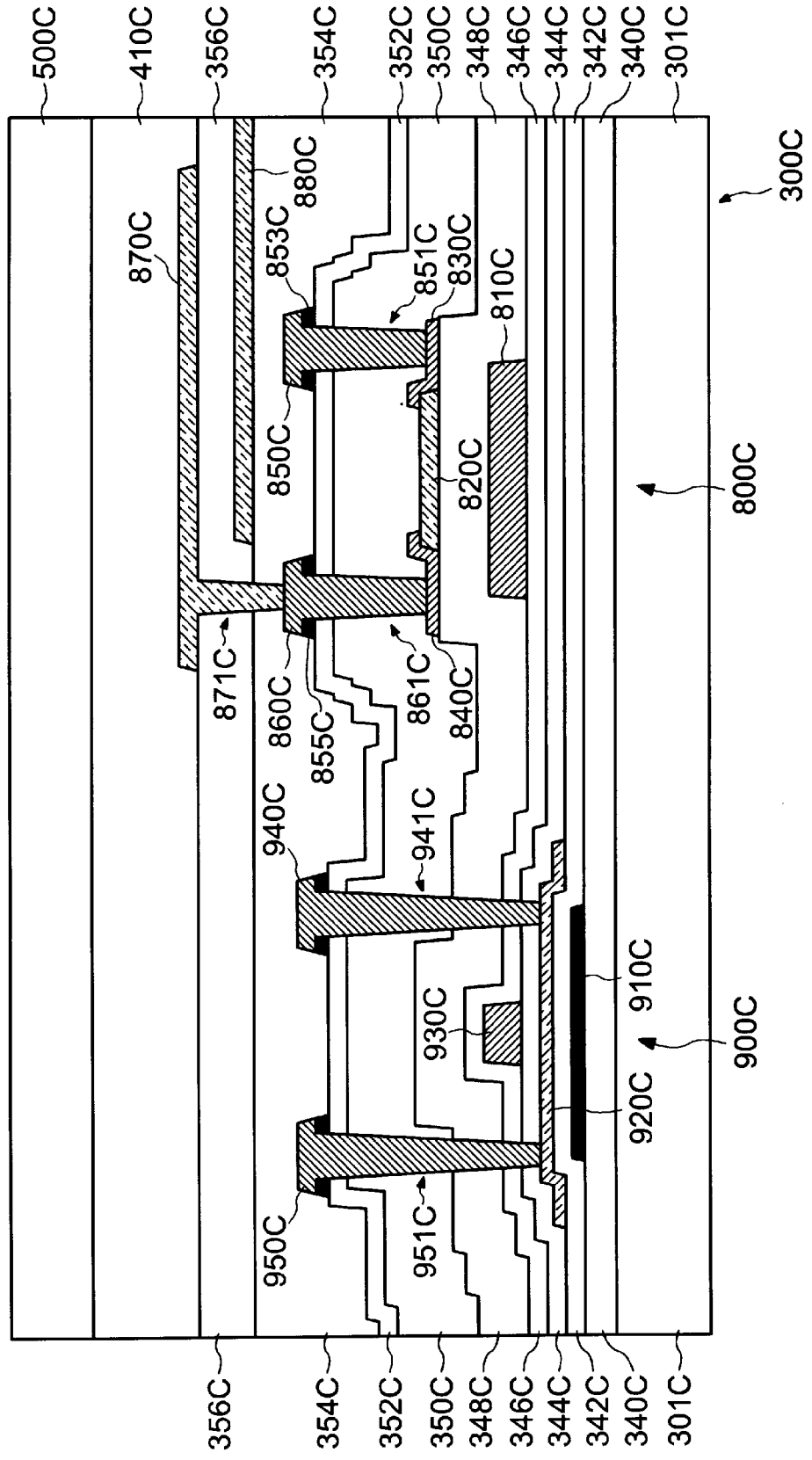


[図31]

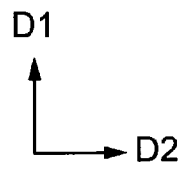
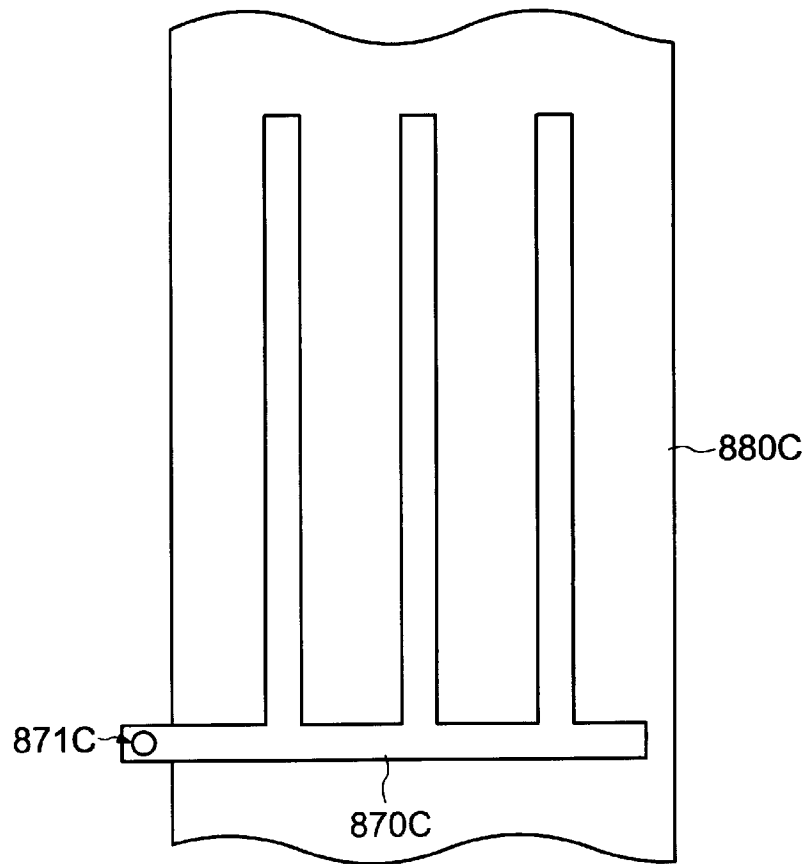


[ 32]

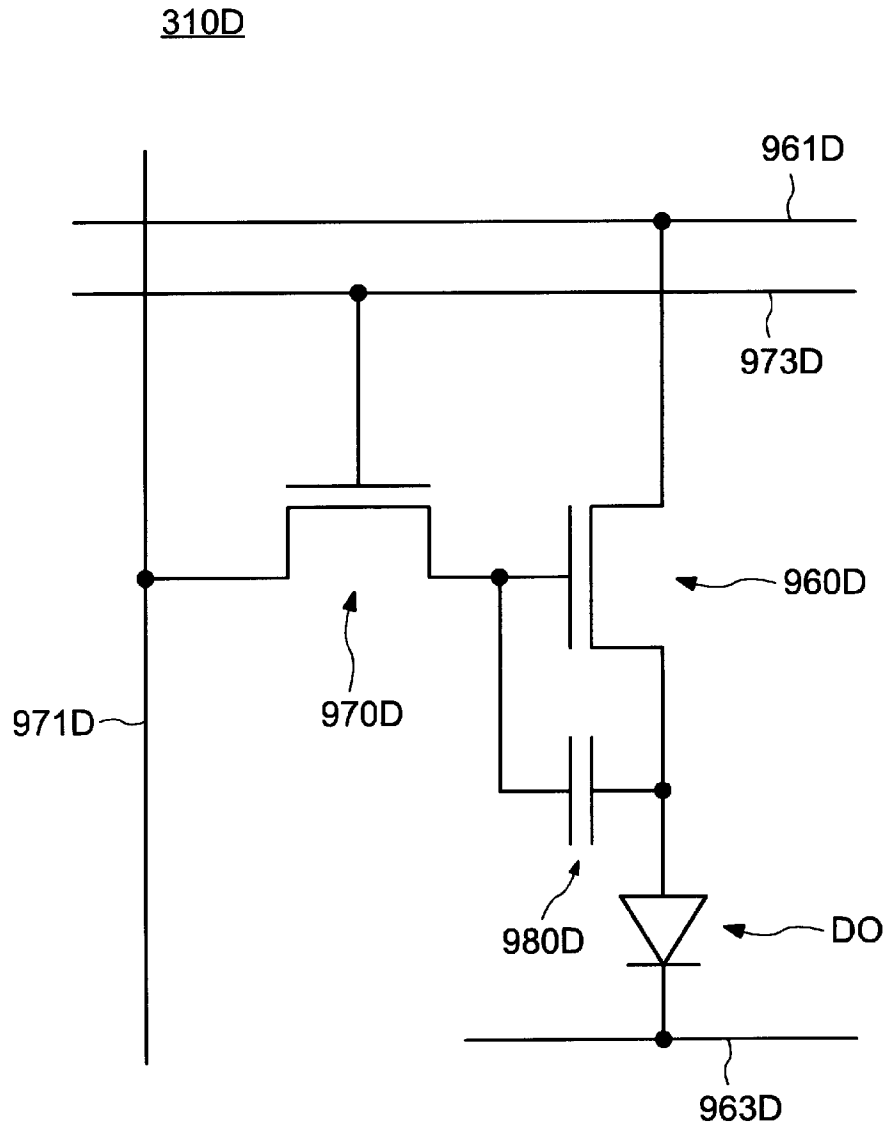
20C



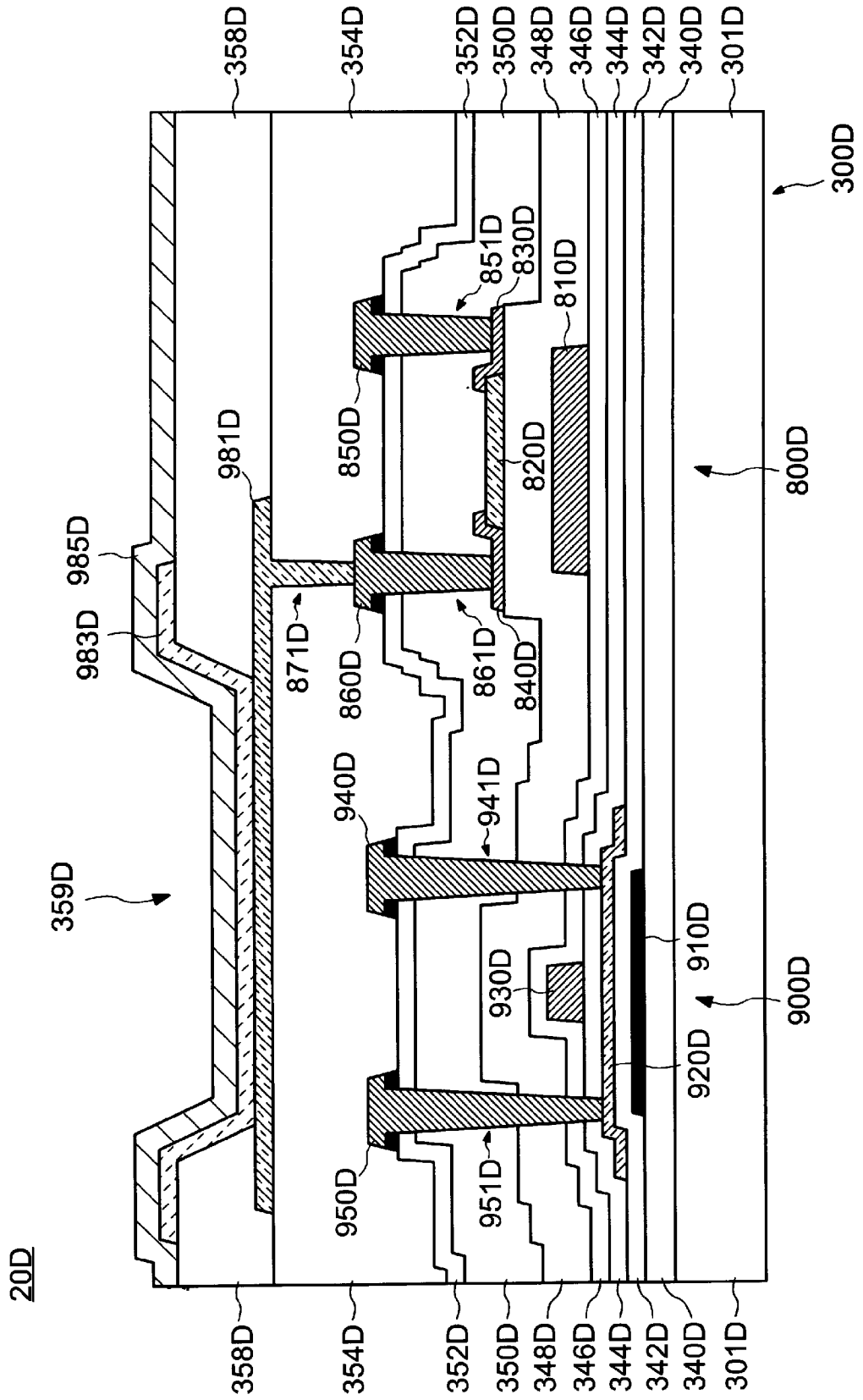
[図33]



[図34]



[図35]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/001713

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>H01L 29/786</i> (2006.01)i; <i>H01L 21/8234</i> (2006.01)i; <i>H01L 27/088</i> (2006.01)i FI: H01L29/78 618G; H01L29/78 618B; H01L27/088 331E; H01L27/088 B		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01L29/786; H01L21/8234; H01L27/088		
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.
X	JP 2012-134472 A (SEMICONDUCTOR ENERGY LAB CO., LTD.) 12 July 2012 (2012-07-12) paragraphs [0022]-[0063], fig. 1 (A)-(C), 3	1-5, 10
Y		6-9, 11
Y	JP 2020-167235 A (JAPAN DISPLAY INC.) 08 October 2020 (2020-10-08) paragraphs [0066]-[0091], fig. 11	6-8
Y	JP 2018-022879 A (RICOH CO., LTD.) 08 February 2018 (2018-02-08) paragraph [0020]	9
Y	JP 2014-007393 A (SEMICONDUCTOR ENERGY LAB CO., LTD.) 16 January 2014 (2014-01-16) paragraph [0086]	9
Y	JP 2011-142310 A (SEMICONDUCTOR ENERGY LAB CO., LTD.) 21 July 2011 (2011-07-21) fig. 5	11
A	US 2014/0231810 A1 (SAMSUNG DISPLAY CO., LTD.) 21 August 2014 (2014-08-21)	1-11
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 01 April 2022		Date of mailing of the international search report 12 April 2022
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/001713

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2012-134472	A	12 July 2012	US 2012/0132906 A1 paragraphs [0039]-[0082], fig. 1A-1C, 3 KR 10-2012-0059414 A TW 201244108 A	
JP	2020-167235	A	08 October 2020	(Family: none)	
JP	2018-022879	A	08 February 2018	US 2019/0245090 A1 paragraph [0056] WO 2018/016456 A1 EP 3488470 A1 TW 201813099 A SG 11201900069U A CN 109478560 A KR 10-2019-0027913 A	
JP	2014-007393	A	16 January 2014	US 2013/0320332 A1 paragraph [0115]	
JP	2011-142310	A	21 July 2011	US 2011/0133180 A1 fig. 5A, 5B WO 2011/070900 A1 TW 201135937 A KR 10-2012-0092696 A	
US	2014/0231810	A1	21 August 2014	EP 2770536 A1 KR 10-2014-0104792 A CN 104009092 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 29/786(2006.01)i; H01L 21/8234(2006.01)i; H01L 27/088(2006.01)i FI: H01L29/78 618G; H01L29/78 618B; H01L27/088 331E; H01L27/088 B		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） H01L29/786; H01L21/8234; H01L27/088 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2022年 日本国実用新案登録公報 1996-2022年 日本国登録実用新案公報 1994-2022年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2012-134472 A (株式会社半導体エネルギー研究所) 12.07.2012 (2012-07-12) 段落0022-0063、図1(A)-(C)、図3	1-5, 10
Y		6-9, 11
Y	JP 2020-167235 A (株式会社ジャパンディスプレイ) 08.10.2020 (2020-10-08) 段落0066-0091、図11	6-8
Y	JP 2018-022879 A (株式会社リコー) 08.02.2018 (2018-02-08) 段落0020	9
Y	JP 2014-007393 A (株式会社半導体エネルギー研究所) 16.01.2014 (2014-01-16) 段落0086	9
Y	JP 2011-142310 A (株式会社半導体エネルギー研究所) 21.07.2011 (2011-07-21) 図5	11
A	US 2014/0231810 A1 (SAMSUNG DISPLAY CO., LTD.) 21.08.2014 (2014-08-21)	1-11
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 01.04.2022	国際調査報告の発送日 12.04.2022	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 高柳 匡克 5F 1592 電話番号 03-3581-1101 内線 3559	

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/JP2022/001713

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2012-134472 A	12.07.2012	US 2012/0132906 A1 段落0039-0082, 図1A-1C, 3 KR 10-2012-0059414 A TW 201244108 A	
JP 2020-167235 A	08.10.2020	(ファミリーなし)	
JP 2018-022879 A	08.02.2018	US 2019/0245090 A1 段落0056 WO 2018/016456 A1 EP 3488470 A1 TW 201813099 A SG 11201900069U A CN 109478560 A KR 10-2019-0027913 A	
JP 2014-007393 A	16.01.2014	US 2013/0320332 A1 段落0115	
JP 2011-142310 A	21.07.2011	US 2011/0133180 A1 図5A, 5B WO 2011/070900 A1 TW 201135937 A KR 10-2012-0092696 A	
US 2014/0231810 A1	21.08.2014	EP 2770536 A1 KR 10-2014-0104792 A CN 104009092 A	