

(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
2020年10月1日(01.10.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/195268 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/JP2020/005321
- (22) 国際出願日: 2020年2月12日(12.02.2020)
- (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 2019-065023 2019年3月28日(28.03.2019) 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:戸田 達也(TODA Tatsuya); 〒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).

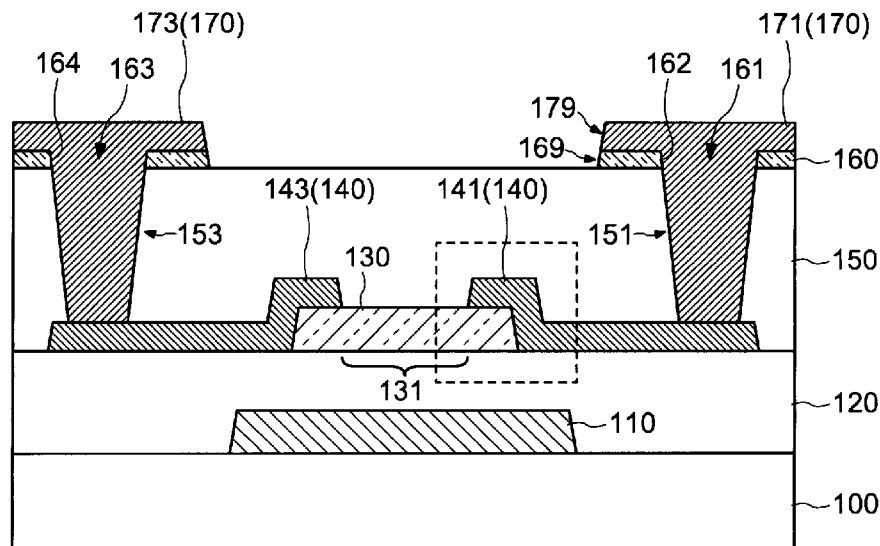
(74) 代理人:特許業務法人高橋・林アンドパートナーズ(TAKAHASHI, HAYASHI AND PARTNER PATENT ATTORNEYS, INC.); 〒1440052 東京都大田区蒲田5-24-2 損保ジャパン日本興亜蒲田ビル9階 Tokyo (JP).

(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,

(54) Title: SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称: 半導体装置

10



(57) Abstract: This semiconductor device has: an oxide semiconductor layer that contains indium; a gate electrode that opposes the oxide semiconductor layer; a gate insulation layer between the oxide semiconductor layer and the gate electrode; and a first electrode that is in contact with the oxide semiconductor layer from above the oxide semiconductor layer. In a plan view, indium is unevenly distributed in the oxide semiconductor layer in a region that overlaps with the first electrode. The gate electrode and the gate insulation layer can be disposed below the oxide semiconductor layer.

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, 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))

(57) 要約: 半導体装置は、インジウムを含む酸化物半導体層と、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、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第1電極と、を有する。平面視で、前記第1電極と重なる領域の前記酸化物半導体層において、インジウムが偏在している。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てもよい。

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、半導体装置及び表示装置に関する。特に、本発明の実施形態の一つは、チャネルとして酸化物半導体を用いられた半導体装置及び当該半導体装置を用いた表示装置に関する。

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、インジウムを含む酸化物半導体層と、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、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第1電極と、を有する。平面視で前記第1電極と重なる領域の前記酸化物半導体層において、インジウムが偏在している。

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TEM像である。
[図5A]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5B]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6A]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6B]本発明の一実施形態に係る半導体装置のEDXのライン分析結果である。
[図7A]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7B]本発明の一実施形態に係る半導体装置のEDXのライン分析結果である。

[図8]従来の半導体装置の断面TEM像である。

[図9A]従来の半導体装置の断面STEM像である。

[図9B]従来の半導体装置のEDXマッピング測定結果である。

[図10A]従来の半導体装置の信頼性試験結果を示す図である。

[図10B]本発明の一実施形態に係る半導体装置の信頼性試験結果を示す図である。

[図11]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12]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13A]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13B]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14A]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14B]本発明の一実施形態に係る半導体装置のEDXのライン分析結果である。

[図15A]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15B]本発明の一実施形態に係る半導体装置のEDXのライン分析結果である。

[図16A]本発明の第1実施形態に係る半導体装置の電気特性を示す図である。

[図16B]本発明の第2実施形態に係る半導体装置の電気特性を示す図である。

[図17]本発明の一実施形態に係る半導体装置の信頼性試験結果を示す図である。

[図18]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19]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20]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21]本発明の一実施形態に係る表示装置の断面図である。

[図22]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23]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24]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しない。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し、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

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７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、これらの電極を第1電極140という場合がある。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。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。

[0018] 詳細は後述するが、第1酸化物半導体層130はインジウムを含む酸化物半導体である。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との間にチャネル領域131を備えている。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。第1ソース電極141及び第1ドレイン電極143の下方における第1酸化物半導体層130中では、第1酸化物半導体層130に含まれるインジウムが偏在している。換言すると、平面視で第1電極140と重なる領域の第1酸化物半導体層130中では、第1酸化物半導体層130に含まれるインジウムが偏在している。

[0019] 発明者らによって、第1酸化物半導体層130のうち第1電極140の下

方の（平面視で第1電極140と重なる領域の）第1酸化物半導体層130について、第1酸化物半導体層130に含まれるインジウムを偏析させて、第1酸化物半導体層130をインジウムが偏在した状態にすることで、半導体装置10の信頼性が向上することが見出された。

[0020] 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。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。

[0021] 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に接しており、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。

[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。平面視で第1電極140と重

なる領域の第1酸化物半導体層130中には、第1酸化物半導体層130に含まれるインジウムが偏在している。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、第1酸化物半導体層130にはチャネル領域131、第1領域133、及び第2領域135が設けられている。チャネル領域131は、第1酸化物半導体層130の上方に第1電極140が設けられていない領域である。第1領域133及び第2領域135は、第1酸化物半導体層130の上方に第1電極140が設けられた領域である。換言すると、チャネル領域131は、平面視で第1酸化物半導体層130が第1電極140から露出された領域である。第1領域133及び第2領域135は、平面視で第1酸化物半導体層130が第1電極140と重なる領域である。

[0024] チャネル領域131、第1領域133、及び第2領域135は、それぞれ1つの酸化物半導体層から形成されており、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10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130の組成及び結晶状態は異なっている。

[0025] 第1領域133及び第2領域135における第1酸化物半導体層130では、第1酸化物半導体層130に含まれるインジウムが偏在している。一方、チャネル領域131における第1酸化物半導体層130では、インジウムは偏在していない。第1酸化物半導体層130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、チャネル領域131における第1酸化物半導体層130においてインジウムが偏在していると評価された場合、チャネル領域131に比べて第1領域133及び第2領域135の方が、第1酸化物半導体層130におけるインジウムの偏在の程度が大きい。第1領域133に比べて第2領域135の方が、第1酸化物半導体層130におけるインジウムの偏在の程度が大きい。

[0026] インジウムの偏在の程度が大きいとは、インジウムが偏在している領域が

相対的に大きいこと、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）のサイズが相対的に大きいこと、又は結晶化したインジウムのサイズ（又は結晶粒径）が相対的に大きいことを意味する。

[0027] その他に、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）像において、チャネル領域131における第1酸化物半導体層130に比べて第1領域133及び第2領域135における第1酸化物半導体層130の方が相対的にコントラストが大きい場合に、チャネル領域131に比べて第1領域133及び第2領域135の方がインジウムの偏在の程度が大きいと判断できる。

[0028] 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。

[0029] [第1酸化物半導体層130におけるインジウムの偏在]

図4～図7を用いて、第1酸化物半導体層130のチャネル領域131、第1領域133、及び第2領域135におけるインジウムの偏在の様子について説明する。

[0030] 図4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4では、第1電極140として、下からチタン（Ti）、アルミニウム（Al）が積層された構造が用いられている。チタン層145とアルミニウム層

147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っている。第1酸化物半導体層130としてインジウム（In）、ガリウム（Ga）、亜鉛（Zn）、及び酸素（O）を含む酸化物半導体（IGZO）が用いられている。第1酸化物半導体層130のうち、その上方に第1電極140が設けられていない領域がチャネル領域131であり、その上方に第1電極140が設けられた領域が第1領域133及び第2領域135に相当する。図4において、重い元素ほど暗く表示されている。

[0031] 図4に示すように、断面像のコントラストにおける明暗について、第1領域133及び第2領域135における第1酸化物半導体層130の「暗」の部分の塊のサイズは、チャネル領域131における第1酸化物半導体層130の「暗」の部分の塊のサイズよりも大きい。図4において、チャネル領域131における第1酸化物半導体層130では、「明」の部分と「暗」の部分とが略均一に存在しているため、インジウムは偏在していないと判断される。一方、第1領域133及び第2領域135における第1酸化物半導体層130では、「暗」の部分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。以下の説明において、「明」の部分及び「暗」の部分という表現は、断面像のコントラストにおける明暗を意味する。

[0032] 第2領域135における第1酸化物半導体層130の「暗」の部分の塊のサイズは、第1領域133における第1酸化物半導体層130の「暗」の部分の塊のサイズよりも大きい。つまり、チャネル領域131よりも、第1領域133及び第2領域135の方が、第1酸化物半導体層130のインジウムの偏在の程度が大きい。第1領域133よりも第2領域135の方が第1酸化物半導体層130のインジウムの偏在の程度が大きい。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ため、第1領域133よりも第2領域135の方が第1酸化物半導体層130において偏在したインジウムの結晶粒径が大きい、ということが出来る。チタン層145とアルミニウム層147との間にチタンとアルミニウムとが反応した混晶領域が形成されている。

[0033] 図5Aは、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5Bは、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5A及び図5Bに示す断面STEM像及びEDXマッピング測定の試料は、図4に示す断面TEM像の試料と同じである。図5Aに示すSTEM像は、HAADF (High-Angle Annular Dark Field) -STEM像である。つまり、図5Aにおいて、重い元素は明るく表示されている。図5Aに示されたSTEM像及び図5Bに示されたEDXマッピング像は、同じ試料の同じ箇所を測定したものである。

[0034] 図5AのSTEM像及び図5BのEDXマッピング像のそれぞれにおいて、第1電極140の端部（図5A及び図5Bにおける第1電極140のチタン層145の左下の端部）に対応する位置に上下方向に延びる点線が示されている。EDXマッピング像において、チタン層145に相当する領域が点線で囲まれている。

[0035] 図5AのSTEM像及び図5BのEDXマッピング像に示すように、第1酸化物半導体層130のチャネル領域131は、他の領域に比べてインジウムの均一性が高い領域である。換言すると、第1酸化物半導体層130のチャネル領域131は、他の領域に比べて「明」の部分の塊のサイズが小さい領域である。つまり、チャネル領域131は、第1酸化物半導体層130におけるインジウムの偏在がない領域である。

[0036] 一方、第1領域133及び第2領域135は、いずれも第1酸化物半導体層130においてインジウムが偏在した領域である。第1領域133と第2領域135とを比較すると、第2領域135における「明」の部分の塊のサイズは、第1領域133における「明」の部分の塊のサイズよりも大きい。

[0037] 図5BのEDXマッピング像に示すように、図5AのSTEM像で確認された「明」の部分では、EDX分析におけるインジウムの強度が他の部分に比べて大きい。つまり、STEM像における「明」の部分にはインジウムが密集している。以下の説明において、「明」の部分の塊が存在する領域はインジウムが密集している領域なので「インジウム密集領域」といい、「暗」

の部分の塊が存在する領域はインジウムが欠乏している領域なので「インジウム欠乏領域」という。インジウムが偏在している領域は、インジウム密集領域及びインジウム欠乏領域を含む領域である。

[0038] 上記のように、第1領域133よりも第2領域135の方が第1酸化物半導体層130のインジウムの偏在の程度が大きい。上記と同様に、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ため、第1領域133よりも第2領域135の方が第1酸化物半導体層130において偏在したインジウムの結晶粒径が大きい、ということができる。

[0039] 図6A、図6B、図7A、及び図7Bは、本発明の一実施形態に係る半導体装置の断面STEM像及びその一部を測定したEDX線分析結果である。図6A及び図7Aに示す断面STEM像の試料は、図5Aに示す断面STEM像の試料と同じである。図6A及び図7AのSTEM像において、EDXのライン分析を行った領域が点線155で示されている。図6B及び図7BのEDXライン分析結果において、横軸はライン分析における分析位置を示し、縦軸は各元素の信号強度を示す。EDXライン分析結果には、インジウム(In)、ガリウム(Ga)、亜鉛(Zn)、酸素(O)、及びチタン(Ti)のスペクトルが示されている。EDXライン分析結果のグラフ内の横軸の範囲において、それぞれ第1酸化物半導体層130及び第1電極140に対応する範囲が図示されている。

[0040] 図6A及び図7AのSTEM像において、第1領域133及び第2領域135のそれぞれにインジウム密集領域133-1、135-1（ともに図6A参照）、133-2、135-2（ともに図7A参照）が存在している。図6B及び図7BのEDXライン分析結果に示すように、これらのインジウム密集領域では、Inのスペクトルにピークが確認される。特にインジウム密集領域135-1、135-2の各スペクトルに注目すると、Inのピークが存在する領域では、Ga、Zn、Oの信号強度が低下している。つまり、インジウム密集領域135-1、135-2では、Inが密集又は結晶化しており、局所的にIGZOとは異なる組成が形成されていると考えられる。

。

[0041] [第1酸化物半導体層130にインジウムの偏在領域を形成する方法]

第1酸化物半導体層130にインジウムの偏在領域を形成する方法として、さまざまな方法が挙げられるが、その方法の一例について説明する。例えば、第1電極140の上に第1絶縁層150が成膜された状態で、第1電極140の下方の第1酸化物半導体層130が加熱されることで、第1電極140の下方の第1酸化物半導体層130にインジウムの偏在領域を形成することができる。

[0042] 例えば、第1電極140の下方の第1酸化物半導体層130を局所的に加熱する方法として、第1電極140に対して上方からレーザ光を照射する方法が用いられる。レーザ光の波長として、第1酸化物半導体層130に対するレーザ光の吸収率に比べて第1電極140に対するレーザ光の吸収率が高い波長を選択することができる。このような波長のレーザ光を用いて第1電極140の上方からレーザ照射を行うことで、第1電極140を選択的に加熱することができる。したがって、第1電極140の下方の第1酸化物半導体層130を選択的に高温で加熱することができる。

[0043] 上記のように第1電極140の下方の第1酸化物半導体層130を選択的に加熱することで、その領域の第1酸化物半導体層130と第1電極140との間で化学反応が進む。この化学反応によって第1酸化物半導体層130中の酸化インジウムが還元されて、孤立したインジウム同士が結合し、インジウムの結晶化が進む。その結果、インジウムの偏在領域が形成される。

[0044] [チャネルとして酸化物半導体を用いられた従来の半導体装置]

図8、図9A、及び図9Bを用いて、チャネルとして酸化物半導体を用いられた従来の半導体装置について、酸化物半導体層におけるインジウムの偏在の有無を評価した結果について説明する。図8は、従来の半導体装置の断面TEM像である。図9A及び図9Bは、従来の半導体装置の断面STEM像及びそれに対応するEDXマッピング測定結果である。図8に示す半導体装置10Zは、以下に示すように第1酸化物半導体層130Zにインジウム

の偏在がない点を除き、図4に示す半導体装置10と同じである。つまり、半導体装置10Zを構成する各層の成膜条件は、半導体装置10を構成する各層の成膜条件と同じである。

[0045] 図8は、図4に対応する断面TEM像である。図8に示す第1電極140Zの構造は、図4と同様に、下からチタン層145Z及びアルミニウム層147Zが積層された構造である。図4とは異なり、チタン層145Zとアルミニウム層147Zとの間にチタンとアルミニウムとが反応した混晶領域は形成されていない。第1酸化物半導体層130ZとしてIGZOが用いられている。図8において、第1酸化物半導体層130Zのうち、その上方に第1電極140Zが設けられていない領域がチャネル領域131Zであり、その上方に第1電極140Zが設けられた領域が第4領域137Zである。第4領域137Zは、図4における第1領域133及び第2領域135に相当する領域である。

[0046] 図8に示すように、断面像のコントラストにおける明暗について、チャネル領域131Z及び第4領域137Zにおける第1酸化物半導体層130Zでは、「明」の部分と「暗」の部分とが略均一に存在している。

[0047] 図9Aに示す断面STEM像の試料は、図8に示す断面TEM像の試料と完全同一ではないが、それぞれの試料の断面構造は同じである。図9Aに示すSTEM像及び図9Bに示すEDXマッピング像のそれぞれにおいて、第1電極140Zの端部（図9A及び図9Bの各々における第1電極140Zのチタン層145Zの右下の端部）に対応する位置に上下方向に延びる点線が示されている。EDXマッピング像において、チタン層145Zに相当する領域が点線で囲まれている。図9A及び図9Bに示すように、チャネル領域131Z及び第4領域137Zにおける第1酸化物半導体層130Zでは、インジウムの偏在は確認されない。

[0048] [第1実施形態の半導体装置10と従来の半導体装置10Zとの信頼性比較]

図10Aは、従来の半導体装置の信頼性試験結果を示す図である。図10

Bは、本発明の一実施形態に係る半導体装置の信頼性試験結果を示す図である。図10Bに示す試験結果200は第1実施形態の半導体装置10に対して行われた信頼性試験の結果であり、図10Aに示す試験結果200Zは従来の半導体装置10Zに対して行われた信頼性試験の結果である。試験に用いられた半導体装置の「チャンネル長／チャンネル幅」は、いずれも「 $3.5\mu\text{m}/4.0\mu\text{m}$ 」である。

[0049] 図10A及び図10Bの信頼性試験はNBTIS (Negative Bias Thermal Illumination Stress) ストレス信頼性を評価する試験である。当該信頼性試験の条件は以下の通りである。

- ・ 光照射条件：白色LED 8,000 nits
- ・ ゲート電圧： -30V
- ・ 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： 60°C

[0050] 図10A及び図10Bでは、ストレス印加前 (0sec)、及び各ストレス印加時間 ($100\text{sec}\sim3600\text{sec}$) 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： 0.1V 、 10V
- ・ ゲート走査電圧： $-15\text{V}\sim15\text{V}$
- ・ 測定環境：暗室
- ・ 測定時のステージ温度： 60°C （又は「R.T.（室温）」）

[0051] 図10A及び図10Bに示すように、第1実施形態の半導体装置10及び従来の半導体装置10Zはともに、ストレス印加時間の増加に伴いしきい値がマイナスシフトしている。ただし、半導体装置10Zでは 3600sec のストレス印加によって、しきい値のマイナスシフト量が約 10V である（図10A参照）のに対して、半導体装置10では同じ時間のストレス印加で

もしきい値のマイナスシフト量は約2Vである（図10B参照）。

[0052] 第1実施形態の半導体装置10と従来の半導体装置10Zとの構造上の相違点は以下の通りである。半導体装置10において、平面視で第1電極140と重なる領域の第1酸化物半導体層130では、第1酸化物半導体層130に含まれるインジウムが偏在しているの。一方、半導体装置10Zでは、第1酸化物半導体層130Zにおけるインジウムの偏在がない。したがって、半導体装置10のように、平面視で第1電極140と重なる領域（第1領域133及び第2領域135）の第1酸化物半導体層130にインジウムを偏在させることで、少なくとも上記のNBTLIS試験における信頼性を向上させることができることが判明した。チャネル領域131の第1酸化物半導体層130にインジウムが偏在すると、半導体装置10の特性に悪影響があるため、インジウムの偏在領域は第1領域133及び第2領域135だけに形成することが好ましい。

[0053] [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。

[0054] 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、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。

[0055] 例えば、第1電極140のうち第1酸化物半導体層130と接する金属材料として、第1酸化物半導体層130を構成する金属の酸化物よりも安定な酸化金属になる金属材料を用いることができる。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に接する金属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。

[0056] 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Inのギブス自由エネルギーは酸化Ga及び酸化Znのギブス自由エネルギーよりも大きい。つまり、酸化Inは科学的により不安定であり、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In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Inが還元され、Tiが酸化される。その結果、第1酸化物半導体層130の上に第1電極140を形成した後の工程であっても、第1酸化物半導体層130中にインジウムの偏在領域を生成することができる。

[0057] 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と同じの組成の絶縁層に対する化学量論比に近い。

[0058] 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。 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。

[0059] 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、 $In : Ga : Zn : O = 1 : 1 : 1 : 4$ 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。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。

[0060] 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。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。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。

[0061] 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。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。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。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。

[0062] 以上のように、本実施形態に係る半導体装置10によると、チャネル領域131の第1酸化物半導体層130にはインジウムを偏在させず、第1領域133及び第2領域135の第1酸化物半導体層130にインジウムを偏在させることで、半導体装置10の信頼性を向上させることができることができる。

[0063] 本実施形態では、第1ゲート電極110が第1酸化物半導体層130の下方に設けられたボトムゲート型の半導体装置10が示されているが、半導体装置は、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の半導体装置であってもよい。

[0064] 本実施形態では、第1絶縁層150と第1導電層170との間に酸化物層160が設けられた構成が例示されているが、この構成に限定されない。酸化物層160が省略され、第1導電層170が第1絶縁層150の上面に接していてもよい。酸化物層160が第1開口151、153の側壁に設けられていてもよい。第1導電層170が設けられていない領域に酸化物層160が設けられていてもよい。例えば、酸化物層160は第1酸化物半導体層

130の上方に設けられていてもよい。換言すると、平面視で、酸化物層160は第1酸化物半導体層130と重なっていてもよい。

[0065] 本実施形態では、各層が1つの層で構成された場合が例示されているが、各層が積層構造であってもよい。

[0066] 〈第2実施形態〉

図11～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。

[0067] [半導体装置10Aの構成]

図11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11に示す断面図は、図3に示す断面図に相当する。図11に示す半導体装置10Aは、図1～図3に示す半導体装置10と類似しているが、第1電極140Aの下方の第1酸化物半導体層130Aにおいてインジウムが偏在する領域が異なる点において、半導体装置10と相違する。以下の半導体装置10Aの説明において、半導体装置10と同様の特徴については説明を省略し、主に半導体装置10との相違点について説明する。

[0068] 図11に示すように、第1酸化物半導体層130Aにはチャンネル領域131A、第1領域133A、第2領域135A、及び第3領域139Aが備えられている。チャンネル領域131Aは、第1酸化物半導体層130Aの上方に第1電極140Aが設けられていない領域である。第1領域133A、第2領域135A、及び第3領域139Aは、第1酸化物半導体層130Aの上方に第1電極140Aが設けられた領域である。換言すると、チャンネル領域131Aは、平面視で第1電極140Aから露出された領域である。第1領域133A、第2領域135A、及び第3領域139Aは、平面視で第1電極140Aと重なる領域である。

[0069] 図11に示すように、断面視で、第3領域139Aは第1ゲート絶縁層120Aと第1領域133Aとの間に設けられている。第3領域139Aはチャンネル領域131Aと第2領域135Aとの間に設けられている。換言すると、第3領域139Aは、第1電極140Aのチャンネル領域131A側の端

部の下方から、第1電極140Aのパターン内部に向かって延びている。

[0070] 第3領域139Aは、断面視における所定の大きさの正方形138Aを包含する。換言すると、断面視で、当該正方形138Aは第3領域139Aの外縁によって囲まれている。断面視における当該正方形138Aは、一辺の長さが、平面視で第1電極140Aと重なる領域における第1酸化物半導体層130Aの膜厚の半分以上の長さである正方形である。具体的には、第3領域139Aに含まれる正方形138Aの一辺の長さ T_1 は、平面視で第1電極140Aと重なる領域における第1酸化物半導体層130Aの膜厚 T_2 の半分($T_2/2$)以上の長さである。すなわち、第3領域139Aの断面視での縦横の幅は、第1酸化物半導体層130Aの膜厚 T_2 の半分($T_2/2$)より大きい。詳細は後述するが、第2実施形態に係る半導体装置10Aは、下記の特徴を有する第3領域139Aを備えることで、半導体装置10Aの電気特性が向上するという効果を奏する。この効果は、第3領域139Aが上記の条件を満たす場合に顕著に現れる。

[0071] チャネル領域131A、第1領域133A、第2領域135A、及び第3領域139Aは、それぞれ1つの酸化物半導体層から形成されており、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、第1酸化物半導体層130Aでは、半導体装置10A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130Aの組成及び結晶状態は異なっている。

[0072] チャネル領域131A、第1領域133A、及び第2領域135Aにおけるインジウムの偏在の程度は第1実施形態と同じなので、説明を省略する。第3領域139Aにおける第1酸化物半導体層130Aでは、チャネル領域131Aと同様にインジウムは偏在していない。第1酸化物半導体層130A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が、仮に、第3領域139Aにおける第1酸化物半導体層130Aにおいてインジウムが偏在していると評価された場合、第1領域133A及び第2領域135Aに比べて第3領域139Aの方が、第1酸化物半導

体層 130A におけるインジウムの偏在の程度が小さい。換言すると、第3領域 139A では、第1領域 133A 及び第2領域 135A よりもインジウムが均一に存在する。この場合、チャンネル領域 131A と第3領域 139A とはインジウムの偏在の程度はほぼ同じである。つまり、例えば、断面 TEM 像、断面 STEM 像、断面 SEM 像、又は EDX の面分析の観察結果において、チャンネル領域 131A と第3領域 139A との間にほとんど差は無い。換言すると、上記の観察結果において、チャンネル領域 131A 及び第3領域 139A の各々の第1酸化物半導体層 130A は連続してつながっている。

[0073] [第1酸化物半導体層 130A におけるインジウムの偏在]

図 12～図 15B を用いて、第1酸化物半導体層 130A のチャンネル領域 131A、第1領域 133A、第2領域 135A、及び第3領域 139A におけるインジウムの偏在の様子について説明する。

[0074] 図 12 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 4 と同様に、第1電極 140A として、下からチタン層 145A とアルミニウム層 147A とが積層された構造が用いられている。第1酸化物半導体層 130A として IGZO が用いられている。図 12 において、チャンネル領域 131A、第1領域 133A、第2領域 135A、及び第3領域 139A の位置はそれぞれ図示された通りである。第1電極 140A の下方に第1領域 133A が設けられており、第1領域 133A の下方に第2領域 135A 及び第3領域 139A が互いに隣接して設けられている。第3領域 139A はチャンネル領域 131A と第2領域 135A との間に設けられている。

[0075] 図 12 に示すように、第3領域 139A における第1酸化物半導体層 130A は、チャンネル領域 131A における第1酸化物半導体層 130A と同様に、断面像のコントラストにおける明暗について、「明」の部分と「暗」の部分とが略均一に存在している。したがって、第3領域 139A における第1酸化物半導体層 130A では、インジウムは偏在していないと判断される。

- [0076] チャネル領域 131A、第1領域 133A、及び第2領域 135Aの各々における第1酸化物半導体層 130Aのインジウムの偏在は、図4に示す場合と同様の傾向なので、これらの説明を省略する。
- [0077] 図13A及び図13Bは、本発明の一実施形態に係る半導体装置の断面STEM像及びそれに対応するEDXマッピング測定結果である。図13Aに示す断面STEM像の試料は、図12に示す断面STEM像の試料と同じである。
- [0078] 図13AのSTEM像及び図13BのEDXマッピング像のそれぞれにおいて、第1電極 140Aの端部（図13A及び図13Bにおける第1電極 140Aのチタン層 145Aの左下の端部）に対応する位置に上下方向に延びる点線が示されている。EDXマッピング像において、チタン層 145Aに相当する領域が点線で囲まれている。
- [0079] 図13AのSTEM像に示すように、第1酸化物半導体層 130Aのチャネル領域 131A及び第3領域 139Aは、他の領域に比べて均一性が高い領域である。又は、第1酸化物半導体層 130Aのチャネル領域 131A及び第3領域 139Aは、他の領域に比べて、「明」の部分の塊のサイズが小さい領域である。つまり、チャネル領域 131A及び第3領域 139Aは、第1酸化物半導体層 130Aにおけるインジウムの偏在がない領域である。
- [0080] 図13BのEDXマッピング像に示すように、チャネル領域 131A及び第3領域 139Aにおける第1酸化物半導体層 130Aは、第1領域 133A及び第2領域 135Aにおける第1酸化物半導体層 130Aに比べてインジウムが均一に存在している。図5Bと同様に、第1領域 133A及び第2領域 135Aの第1酸化物半導体層 130Aでは、いずれもインジウムが偏在している。
- [0081] 図14A、図14B、図15A、及び図15Bは、本発明の一実施形態に係る半導体装置の断面STEM像及びその一部を測定したEDXのライン分析結果である。図14A及び図15Aに示す断面STEM像の試料は、図13Aに示す断面STEM像の試料と同じである。図14A及び図15AのS

TEM像において、EDXのライン分析を行った領域が点線で示されている。図14B及び図15BのEDXライン分析結果に示された各スペクトルは図6と同様なので、説明を省略する。

[0082] 図14A及び図15AのSTEM像において、第1領域133A及び第2領域135Aのそれぞれにインジウム密集領域133A-3（図14A参照）、135A-4（図15A参照）が存在している。図14B及び図15BのEDXライン分析結果に示すように、これらのインジウム密集領域では、Inのスペクトルにピークが確認される。特にインジウム密集領域135A-4のスペクトルに注目すると、Inの大きなピークが存在する領域では、Ga、Zn、Oの信号強度が低下している。つまり、インジウム密集領域135A-4では、Inが密集又は結晶化しており、局所的にIGZOとは異なる組成が形成されていると考えられる。

[0083] [第1実施形態及び第2実施形態に係る半導体装置の電気特性比較]

図16Aは、本発明の第1実施形態に係る半導体装置の電気特性を示す図である。図16Bは、本発明の第2実施形態に係る半導体装置の電気特性を示す図である。図16Aの電気特性210は第1実施形態の半導体装置10の電気特性である。図16Bの電気特性210Aは第2実施形態の半導体装置10Aの電気特性である。試験に用いられた半導体装置の[チャンネル長/チャンネル幅]は、いずれも[3.5 μ m/4.0 μ m]である。

[0084] 図16A及び図16Bに示す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：0.1V、10V
- ・ゲート走査電圧：-15V～15V
- ・測定環境：暗室
- ・測定時のステージ温度：R.T.

[0085] 図16A及び図16Bに示すように、第2実施形態に係る半導体装置10A（電気特性210A）は第1実施形態に係る半導体装置10（電気特性210）に比べて、ON電流の立ち上がりが急峻である。

[0086] 第1実施形態に係る半導体装置10と第2実施形態に係る半導体装置10

Aとの構造上の相違点は、半導体装置10では、インジウムが偏在している第2領域135がチャネル領域131付近まで存在しているのに対して、半導体装置10Aでは、チャネル領域131Aと第2領域135Aとの間にインジウムが偏析していない（又は、インジウムの偏在の程度が第2領域135Aよりも小さい）第3領域139Aが存在している点である。

[0087] 上記の第3領域139Aは一定以上の大きさを有している必要がある。図16に示すように、ON電流が急峻に立ち上がる電気特性を得るためには、第3領域139Aが、正方形138A（図11参照）よりも広い領域に連続して存在している必要がある。本実施形態では、正方形138Aの一辺の長さT1が、平面視で第1電極140Aと重なる領域における第1酸化物半導体層130Aの膜厚T2の半分（ $T2/2$ ）以上の長さである構成が例示されているが、この構成に限定されない。正方形138Aの一辺の長さT1は、上記膜厚T2の60%以上、70%以上、80%以上、又は90%以上であってもよい。

[0088] 第1実施形態で説明したように、第1電極140の下方における第1酸化物半導体層130において、第1酸化物半導体層130に含まれるインジウムを偏在（又は結晶化）させることで、少なくともNBTIS試験における信頼性を向上させることができる。一方で、第1実施形態に示すように第2領域135がチャネル領域131付近まで存在していると、ON電流の立ち上がりが緩やかになる。

[0089] 例えばIZGOでは、インジウムの5s軌道によって伝導帯が形成されることが知られている。第2領域135のようにインジウムの偏在に伴ってIZGOの組成に偏りが生じると、伝導パスが途切れてしまいIZGO膜としての抵抗が大きくなると考えられる。このような理由で、第1実施形態の半導体装置10の場合、チャネル領域131付近の第2領域135における第1酸化物半導体層130の抵抗値が高いため、ON電流の立ち上がりが緩やかになったと推測される。

[0090] 一方、第2実施形態に係る半導体装置10Aでは、チャネル領域131A

と第2領域135Aとの間の第3領域139Aは、インジウムが偏在していない領域なので、第3領域139Aにおける第1酸化物半導体層130Aの抵抗値は、第2領域135Aにおける第1酸化物半導体層130Aの抵抗値よりも小さいと考えられる。その結果、半導体装置10Aは半導体装置10に比べてON電流の立ち上がりが急峻になったと推測される。図17に示すように、半導体装置10AのNB-TIS試験における信頼性も、半導体装置10の信頼性と同様（図10B参照）に、従来の半導体装置10Z（図10A参照）に比べて向上している。図17において、試験結果200Aは第2実施形態の半導体装置10Aに対して行われた信頼性試験の結果である。

[0091] 以上のように、第2実施形態に係る半導体装置10Aによると、第1実施形態に係る半導体装置10と同様に信頼性を向上させることができ、かつ、上記のようにON電流の立ち上がりが急峻な電気特性を得ることができる。

[0092] 〈第3実施形態〉

図18～図22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。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。

[0093] [表示装置20Bの概要]

図18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18に示すように、表示装置20Bは、アレイ基板300B、シール部400B、対向基板500B、フレキシブルプリント回路基板600B（FPC600B）、およびICチップ700Bを有する。アレイ基板300Bおよび対向基板500Bはシール部400Bによって貼り合わせられている。シール部400Bに囲まれた液晶領域22Bには、複数の画素回路310Bがマトリクス状に配置されている。液晶領域22Bは、後述する液晶素子410Bと平面視で重なる領域である。

[0094] シール部400Bが設けられたシール領域24Bは、液晶領域22Bの周囲の領域である。FPC600Bは端子領域26Bに設けられている。端子

領域 2 6 B はアレイ基板 3 0 0 B が対向基板 5 0 0 B から露出された領域であり、シール領域 2 4 B の外側に設けられている。シール領域 2 4 B の外側とは、シール部 4 0 0 B が設けられた領域及びシール部 4 0 0 B によって囲まれた領域の外側を意味する。I C チップ 7 0 0 B は F P C 6 0 0 B 上に設けられている。I C チップ 7 0 0 B は各画素回路 3 1 0 B を駆動させるための信号を供給する。

[0095] [表示装置 2 0 B の回路構成]

図 1 9 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 1 9 に示すように、画素回路 3 1 0 B が配置された液晶領域 2 2 B に対して D 1 方向（列方向）に隣接する位置にはソースドライバ回路 3 2 0 B が設けられており、液晶領域 2 2 B に対して D 2 方向（行方向）に隣接する位置にはゲートドライバ回路 3 3 0 B が設けられている。ソースドライバ回路 3 2 0 B 及びゲートドライバ回路 3 3 0 B は、上記のシール領域 2 4 B に設けられている。ただし、ソースドライバ回路 3 2 0 B 及びゲートドライバ回路 3 3 0 B が設けられる領域はシール領域 2 4 B に限定されず、画素回路 3 1 0 B が設けられた領域の外側であれば、どの領域でもよい。

[0096] ソースドライバ回路 3 2 0 B からソース配線 3 2 1 B が D 1 方向に延びており、D 1 方向に配列された複数の画素回路 3 1 0 B に接続されている。ゲートドライバ回路 3 3 0 B からゲート配線 3 3 1 B が D 2 方向に延びており、D 2 方向に配列された複数の画素回路 3 1 0 B に接続されている。

[0097] 端子領域 2 6 B には端子部 3 3 3 B が設けられている。端子部 3 3 3 B とソースドライバ回路 3 2 0 B とは接続配線 3 4 1 B で接続されている。同様に、端子部 3 3 3 B とゲートドライバ回路 3 3 0 B とは接続配線 3 4 1 B で接続されている。F P C 6 0 0 B が端子部 3 3 3 B に接続されることで、F P C 6 0 0 B が接続された外部機器と表示装置 2 0 B とが接続され、外部機器からの信号によって表示装置 2 0 B に設けられた各画素回路 3 1 0 B が駆動する。

[0098] 第 1 実施形態及び第 2 実施形態に示す半導体装置は、画素回路 3 1 0 B、

ソースドライバ回路 320B、及びゲートドライバ回路 330Bに含まれるトランジスタに適用される。

[0099] [表示装置 20B の画素回路 310B]

図 20 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 20 に示すように、画素回路 310B はトランジスタ 800B、保持容量 890B、及び液晶素子 410B などの素子を含む。トランジスタ 800B は第 1 ゲート電極 810B、第 1 ソース電極 830B、及び第 1 ドレイン電極 840B を有する。第 1 ゲート電極 810B はゲート配線 331B に接続されている。第 1 ソース電極 830B はソース配線 321B に接続されている。第 1 ドレイン電極 840B は保持容量 890B 及び液晶素子 410B 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は、図 20 に示すトランジスタに適用される。本実施形態では、説明の便宜上、830B をソース電極といい、840B 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。

[0100] [表示装置 20B の断面構造]

図 21 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 21 に示すように、表示装置 20B は、同一基板上に構造が異なるトランジスタ 800B、900B が設けられた表示装置である。トランジスタ 800B の構造はトランジスタ 900B の構造とは異なる。具体的には、トランジスタ 800B は、チャンネルとして第 1 酸化物半導体層 820B 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 900B は、チャンネルとして半導体層 920B 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 800B は画素回路 310B に用いられ、トランジスタ 900B はソースドライバ回路 320B 及びゲートドライバ回路 330B に用いられる。トランジスタ 900B が画素回路 310B に用いられてもよい。

[0101] トランジスタ 800B は、基板 301B に形成されたトランジスタであり、絶縁層 340B、342B、344B、346B を下地層とするランジ

スタである。絶縁層 346B の上に第 1 ゲート電極 810B が設けられている。第 1 ゲート電極 810B の上方に第 1 酸化物半導体層 820B が設けられている。第 1 ゲート電極 810B は第 1 酸化物半導体層 820B に対向している。第 1 ゲート電極 810B と第 1 酸化物半導体層 820B との間に、ゲート絶縁層として機能する絶縁層 348B が設けられている。第 1 酸化物半導体層 820B のパターンの一方の端部には第 1 ソース電極 830B が設けられており、他方の端部には第 1 ドレイン電極 840B が設けられている。第 1 ソース電極 830B 及び第 1 ドレイン電極 840B は、それぞれ第 1 酸化物半導体層 820B の上面及び側面において、第 1 酸化物半導体層 820B に接続されている。

[0102] 第 1 酸化物半導体層 820B、第 1 ソース電極 830B、及び第 1 ドレイン電極 840B の上に第 1 絶縁層 350B、352B が設けられている。第 1 絶縁層 350B、352B には、開口 851B、861B が設けられている。第 1 絶縁層 352B の上及び開口 851B の内部に第 1 ソース配線 850B が設けられている。第 1 絶縁層 352B の上及び開口 861B の内部に第 1 ドレイン配線 860B が設けられている。第 1 絶縁層 352B の上面と第 1 ソース配線 850B との間には酸化物層 853B が設けられている。第 1 絶縁層 352B の上面と第 1 ドレイン配線 860B との間には酸化物層 855B が設けられている。

[0103] 第 1 ソース配線 850B 及び第 1 ドレイン配線 860B の上に第 2 絶縁層 354B が設けられている。第 2 絶縁層 354B の上に、複数の画素に共通して設けられる共通電極 880B が設けられている。共通電極 880B の上に第 2 絶縁層 356B が設けられている。第 2 絶縁層 354B、356B には第 3 開口 871B が設けられている。第 2 絶縁層 356B の上及び第 3 開口 871B の内部に画素電極 870B が設けられている。画素電極 870B は第 1 ドレイン配線 860B に接続されている。

[0104] 図 22 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 22 に示すように、共通電極 880B は、平面視で画素電

極 870B と重なる重畳領域と、画素電極 870B と重ならない非重畳領域とを有する。画素電極 870B と共通電極 880B との間に電圧を供給すると、重畳領域の画素電極 870B から非重畳領域の共通電極 880B 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 410B 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。

[0105] 上記の構造において、トランジスタ 800B として、図 1、3 又は図 11 の半導体装置 10 又は 10A を適用することができる。この場合、図 1 と図 21 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 810B に対応する。第 1 ゲート絶縁層 120 は絶縁層 348B 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 820B に対応する。第 1 ソース電極 141 は第 1 ソース電極 830B に対応する。第 1 ドレイン電極 143 は第 1 ドレイン電極 840B に対応する。第 1 絶縁層 150 は第 1 絶縁層 350B、352B に対応する。第 1 開口 151 は開口 851B に対応する。第 1 開口 153 は開口 861B に対応する。酸化物層 160 は酸化物層 853B、855B に対応する。第 1 ソース配線 171 は第 1 ソース配線 850B に対応する。第 1 ドレイン配線 173 は第 1 ドレイン配線 860B に対応する。

[0106] トランジスタ 900B は、基板 301B に形成されたトランジスタであり、絶縁層 340B を下地層とするトランジスタである。絶縁層 340B の上に遮光層 910B が設けられている。遮光層 910B の上に絶縁層 342B が設けられている。絶縁層 342B の上に半導体層 920B が設けられている。半導体層 920B の上方に第 2 ゲート電極 930B が設けられている。半導体層 920B と第 2 ゲート電極 930B との間に、ゲート絶縁層として機能する絶縁層 344B が設けられている。第 2 ゲート電極 930B の上に絶縁層 346B、348B、350B、352B が設けられている。これらの絶縁層には、開口 941B、951B が設けられている。絶縁層 352B の上及び開口 941B の内部に第 2 ソース配線 940B が設けられている。絶縁層 352B の上及び開口 951B の内部に第 2 ドレイン配線 950B が

設けられている。第2ソース配線940B及び第2ドレイン配線950Bの上に絶縁層354B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930Bは、トランジスタ800Bのゲート絶縁層と同じ層（絶縁層348B）の下方に設けられている、ということができる。

[0107] 〈第4実施形態〉

図23及び図24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。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。表示装置20Cの概要及び回路構成は図18及び図19に示すものと同様なので、説明を省略する。

[0108] [表示装置20Cの画素回路310C]

図23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23に示すように、画素回路310Cは駆動トランジスタ960C、選択トランジスタ970C、保持容量980C、及び発光素子D0などの素子を含む。選択トランジスタ970Cのソース電極は信号線971Cに接続され、選択トランジスタ970Cのゲート電極はゲート線973Cに接続されている。駆動トランジスタ960Cのソース電極はアノード電源線961Cに接続され、駆動トランジスタ960C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963Cに接続されている。駆動トランジスタ960Cのゲート電極は選択トランジスタ970Cのドレイン電極に接続されている。保持容量980Cは駆動トランジスタ960C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971C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973C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。

[0109] [表示装置20Cの断面構造]

図24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24に示す表示装置20Cの構成は、図21に示す表示装置20Bと類似している

が、表示装置 20C の絶縁層 354C よりも上方の構造が表示装置 20B の絶縁層 354B よりも上方の構造と相違する。以下、図 24 に示す表示装置 20C の構成のうち、図 21 に示す表示装置 20B と同様の構成については説明を省略し、表示装置 20B との相違点について説明する。

[0110] 図 24 に示すように、表示装置 20C は、絶縁層 354C の上方に画素電極 981C、発光層 983C、及び共通電極 985C を有する。画素電極 981C は絶縁層 354C の上及び第 3 開口 871C の内部に設けられている。画素電極 981C の上に絶縁層 358C が設けられている。絶縁層 358C には開口 359C が設けられている。開口 359C は発光領域に対応する。つまり、絶縁層 358C は画素を画定する。開口 359C によって露出した画素電極 981C の上に発光層 983C 及び共通電極 985C が設けられている。画素電極 981C 及び発光層 983C は、各画素に対して個別に設けられている。一方、共通電極 985C は、複数の画素に共通して設けられている。発光層 983C は、画素の表示色に応じて異なる材料が用いられる。

[0111] 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が例示されているが、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。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。

[0112] 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、適宜組み合わせて実施することができる。各実施形態の半導体装置及び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。

[0113] 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

[0114] 10 : 半導体装置、 20B : 表示装置、 22B : 液晶領域、 24B : シール領域、 26B : 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 : チャネル領域、 133 : 第1領域、 133-1、133A-3、135-1、135-2、135A-4 : インジウム密集領域、 135 : 第2領域、 137Z : 第4領域、 138A : 正方形、 139A : 第3領域、 140 : 第1電極、 141 : 第1ソース電極、 143 : 第1ドレイン電極、 145 : チタン層、 147 : アルミニウム層、 150 : 第1絶縁層、 151、153 : 第1開口、 160 : 酸化物層、 161、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、 200 : 試験結果、 210 : 電気特性、 300B : アレイ基板、 301B : 基板、 310B : 画素回路、 320B : ソースドライバ回路、 321B : ソース配線、 330B : ゲートドライバ回路、 331B : ゲート配線、 333B : 端子部、 340B、342B、344B、346B、348B : 絶縁層、 341B : 接続配線、 350B、352B : 第1絶縁層、 354B、356B : 第2絶縁層、 358C : 絶縁層、 359C : 開口、 400B : シール部、 410B : 液晶素子、 500B : 対向基板、 600B : フレキシブルプリント回路基板、 700B : チップ、 800B : トランジスタ、 810B : 第1ゲート電極、 820B : 第1酸化物半導体層、 830B : 第1ソース電極、 840B : 第1ドレイン電極、 850B : 第1ソース配線、 851B、861B : 開口、 853B、855B : 酸化物層、 860B : 第1ドレイン配線、 870B : 画素電極、 871B、871C : 第3開口、 880B : 共通電極、 890B : 保持容量、 900B : トランジスタ、 910B : 遮光層、 920B : 半導体層、 930B :

第2ゲート電極、 940B : 第2ソース配線、 941B、951B : 開口、 950B : 第2ドレイン配線、 960C : 駆動トランジスタ、 961C : アノード電源線、 963C : カソード電源線、 970C : 選択トランジスタ、 971C : 信号線、 973C : ゲート線、 980C : 保持容量、 981C : 画素電極、 983C : 発光層、 985C : 共通電極

請求の範囲

- [請求項1] インジウムを含む酸化物半導体層と、
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、
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第1電極と、
を有し、
平面視で前記第1電極と重なる領域の前記酸化物半導体層において、
インジウムが偏在している半導体装置。
- [請求項2] 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に記載の半導体装置。
- [請求項3] インジウムが偏在している領域は、エネルギー分散型X線分光法を用いた面分析において、平面視で前記第1電極から露出された領域と比べてインジウムが密集している領域及びインジウムが欠乏している領域を含む、請求項1に記載の半導体装置。
- [請求項4] 平面視で前記第1電極と重なる前記酸化物半導体層は、前記第1電極側の第1領域と、前記第1領域よりも前記ゲート電極側の第2領域とを備え、
前記第2領域において偏在したインジウムの高濃度領域の大きさは、前記第1領域において偏在したインジウムの高濃度領域の大きさより大きい、請求項1に記載の半導体装置。
- [請求項5] 平面視で前記第1電極と重なる前記酸化物半導体層は、前記第2領域と平面視で前記第1電極から露出された領域との間に、前記第1領域及び前記第2領域の各々よりもインジウムが均一に存在する第3領域を備え、
前記第3領域は、平面視で前記第1電極から露出された領域と連続しており、
断面視で、前記第3領域は正方形を包含し、

前記正方形の一辺の長さは、平面視で前記第 1 電極と重なる領域における前記酸化物半導体層の膜厚の半分以上の長さである、請求項 4 に記載の半導体装置。

[請求項6] 平面視で前記第 1 電極と重なる前記酸化物半導体層は、前記第 1 電極側の第 1 領域と、前記第 1 領域よりも前記ゲート電極側の第 2 領域とを備え、

前記第 2 領域において偏在したインジウムの結晶粒径は、前記第 1 領域において偏在したインジウムの結晶粒径より大きい、請求項 1 に記載の半導体装置。

[請求項7] 平面視で前記第 1 電極と重なる前記酸化物半導体層は、前記第 2 領域と平面視で前記第 1 電極から露出された領域との間に、前記第 1 領域及び前記第 2 領域の各々よりもインジウムが均一に存在する第 3 領域を備え、

前記第 3 領域は、平面視で前記第 1 電極から露出された領域と連続しており、

断面視で、前記第 3 領域は正方形を包含し、

前記正方形の一辺の長さは、平面視で前記第 1 電極と重なる領域における前記酸化物半導体層の膜厚の半分以上の長さである、請求項 5 に記載の半導体装置。

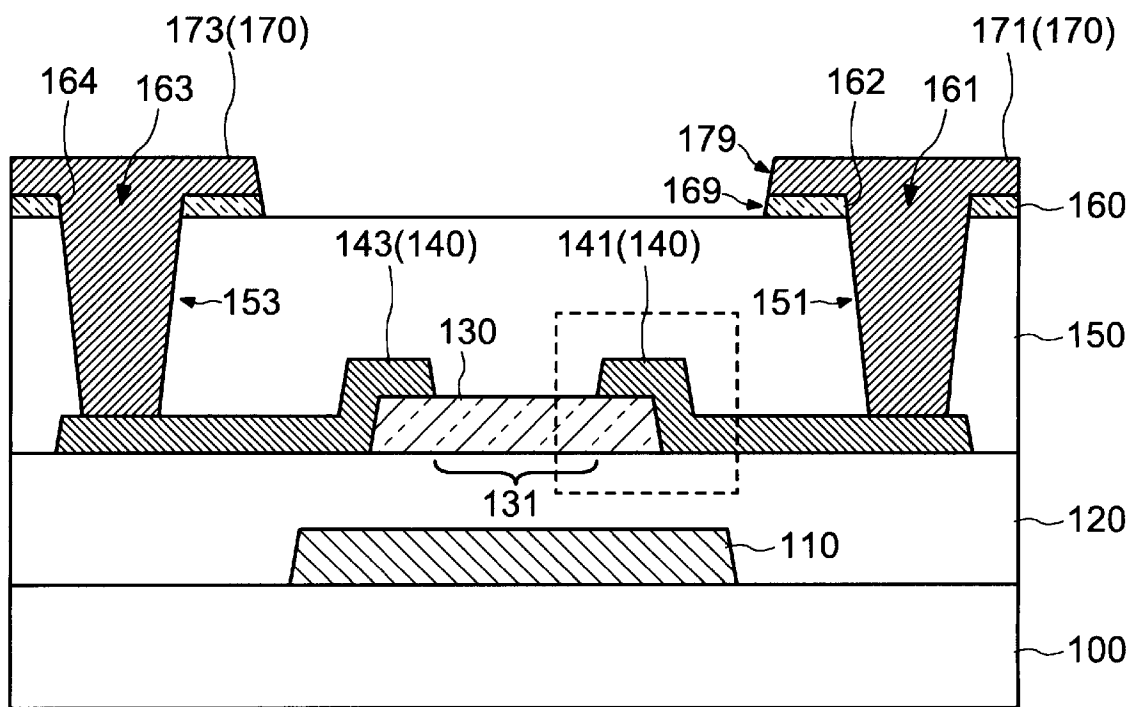
[請求項8] 平面視で前記第 1 電極と重なる前記酸化物半導体層は、前記第 1 電極側の第 1 領域と、前記第 1 領域よりも前記ゲート電極側の第 2 領域とを備え、

エネルギー分散型 X 線分光法を用いた面分析によって得られたインジウムの面分析結果において、

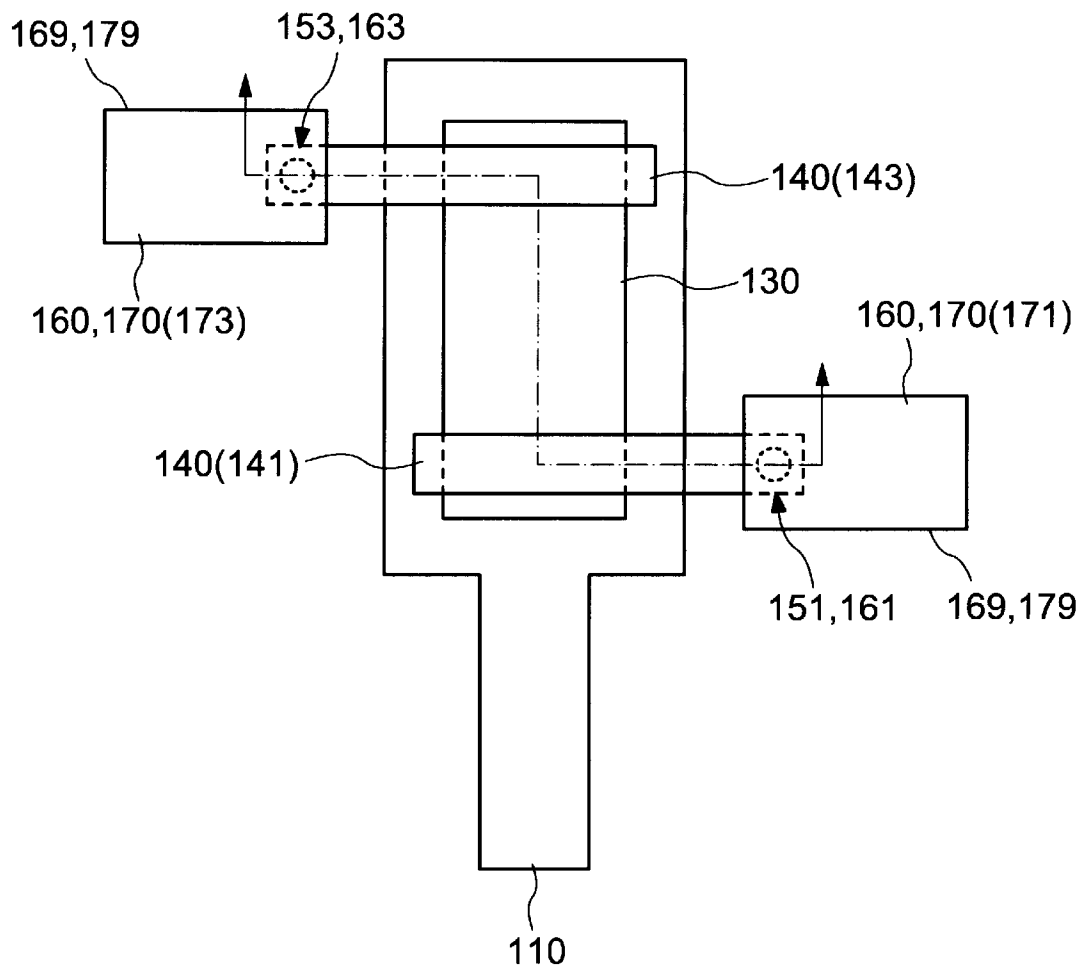
前記第 2 領域においてインジウムに起因する信号強度が相対的に大きい領域の大きさは、前記第 1 領域においてインジウムに起因する信号強度が相対的に大きい領域の大きさより大きい、請求項 1 に記載の半導体装置。

- [請求項9] 平面視で前記第1電極と重なる前記酸化物半導体層は、前記第2領域と平面視で前記第1電極から露出された領域との間に、前記第1領域及び前記第2領域の各々よりもインジウムが均一に存在する第3領域を備え、
- 前記第3領域は、平面視で前記第1電極から露出された領域と連続しており、
- 断面視で、前記第3領域は正方形を包含し、
- 前記正方形の一辺の長さは、平面視で前記第1電極と重なる領域における前記酸化物半導体層の膜厚の半分以上の長さである、請求項8に記載の半導体装置。

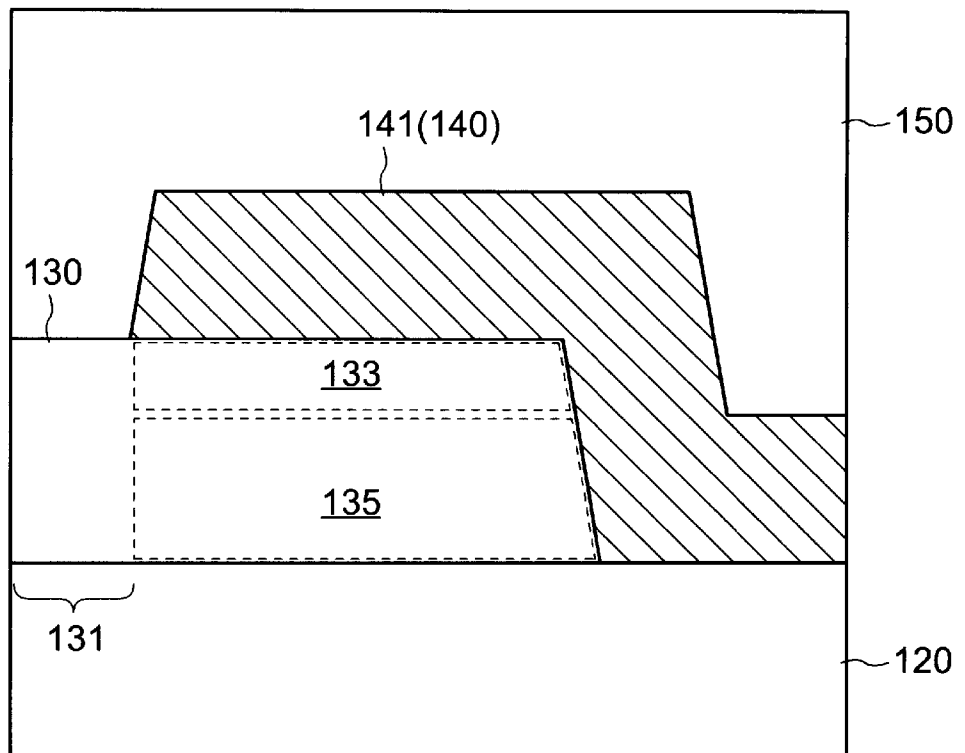
[図1]

10

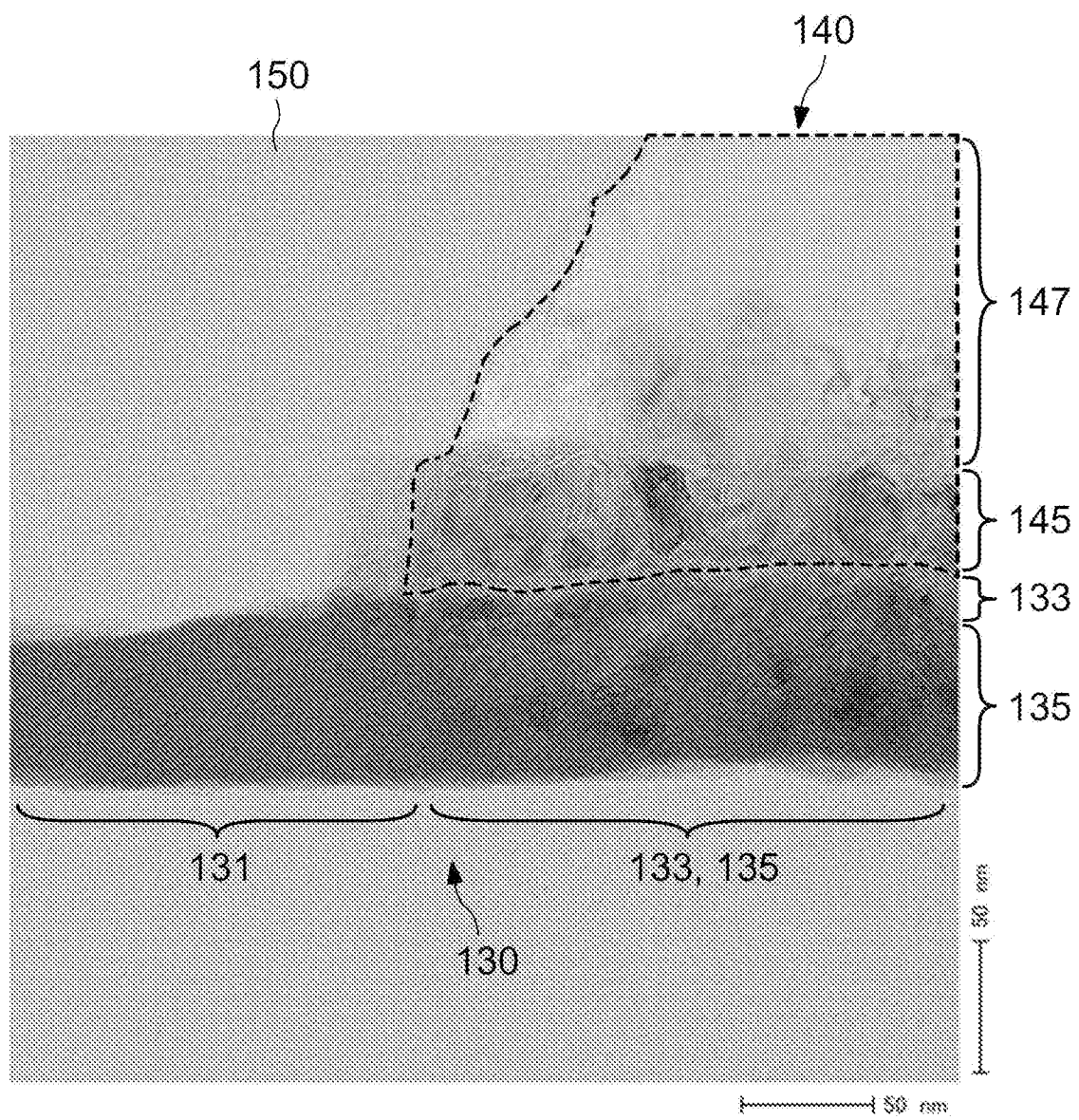
[図2]

10

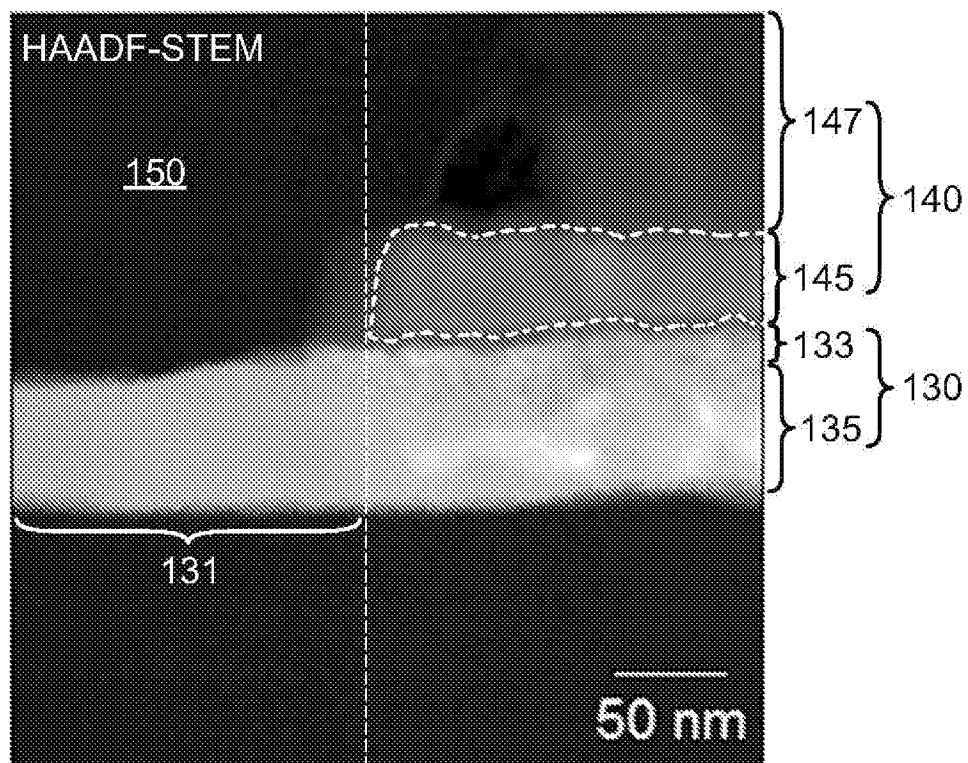
[図3]



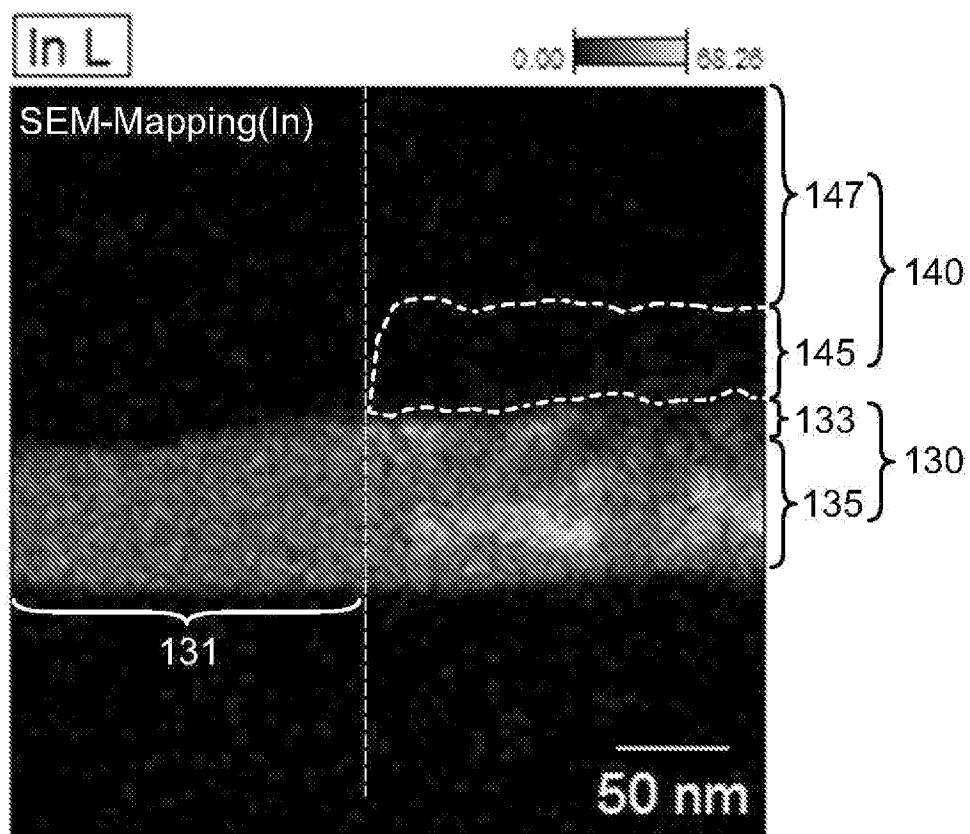
[図4]



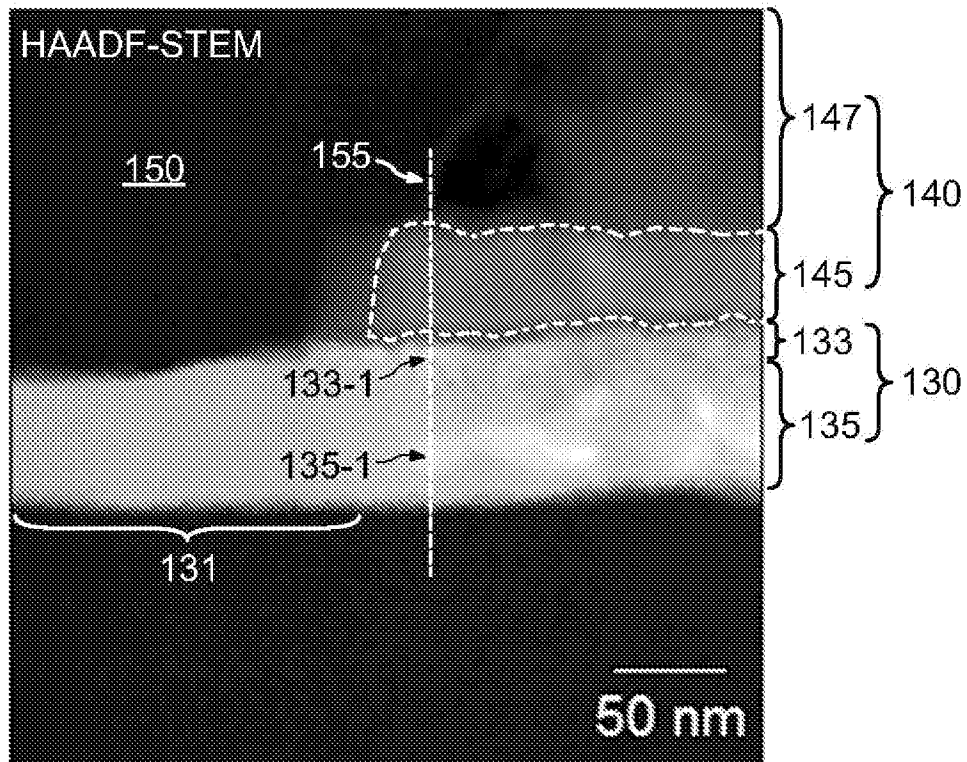
[図5A]



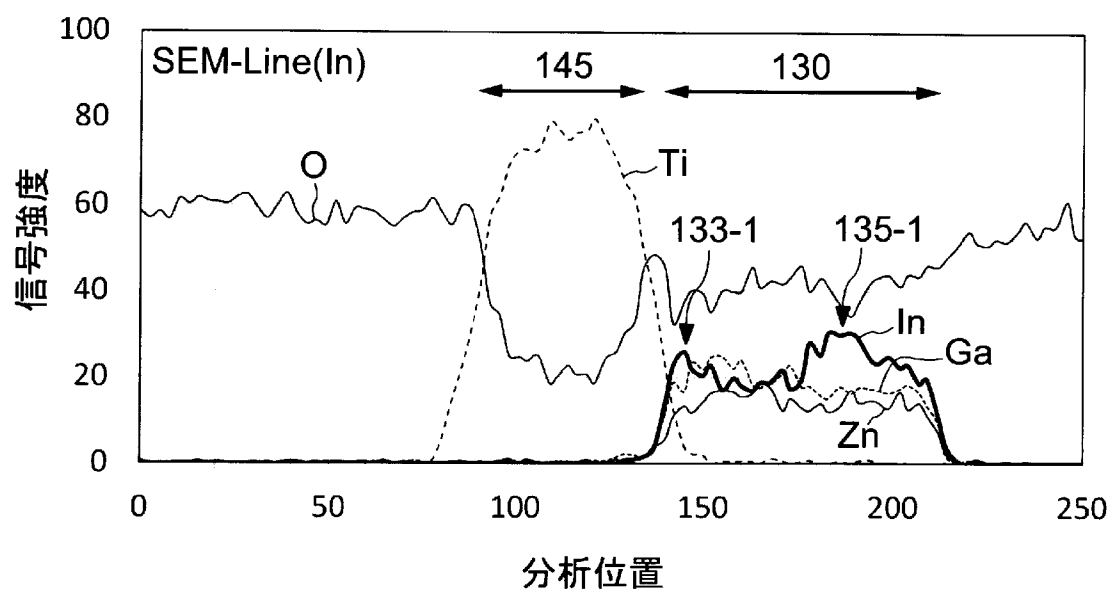
[図5B]



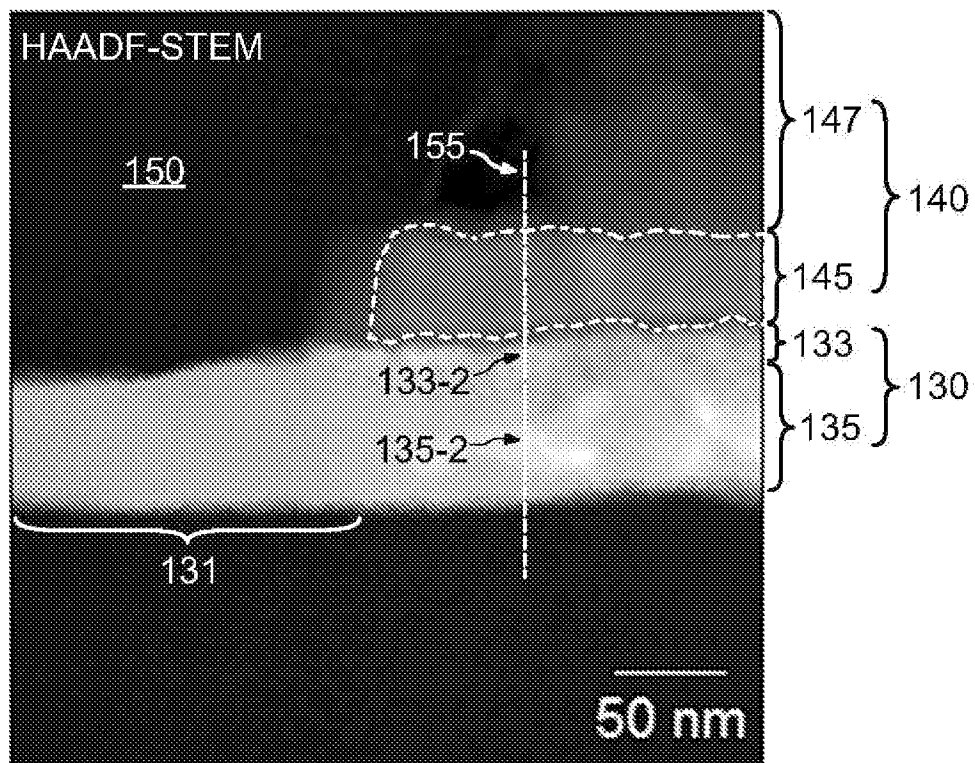
[図6A]



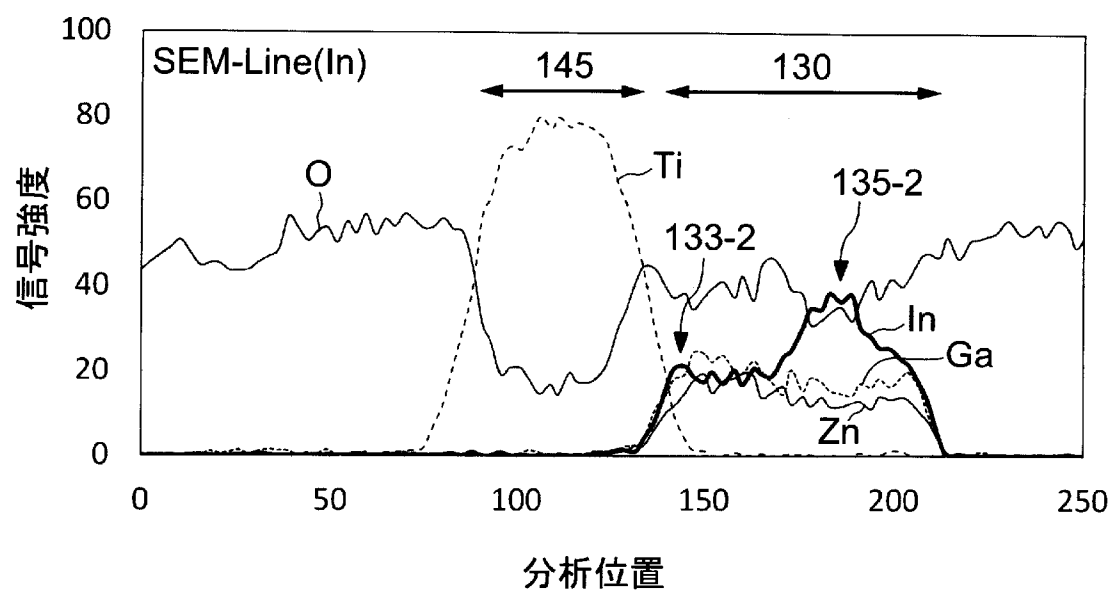
[図6B]



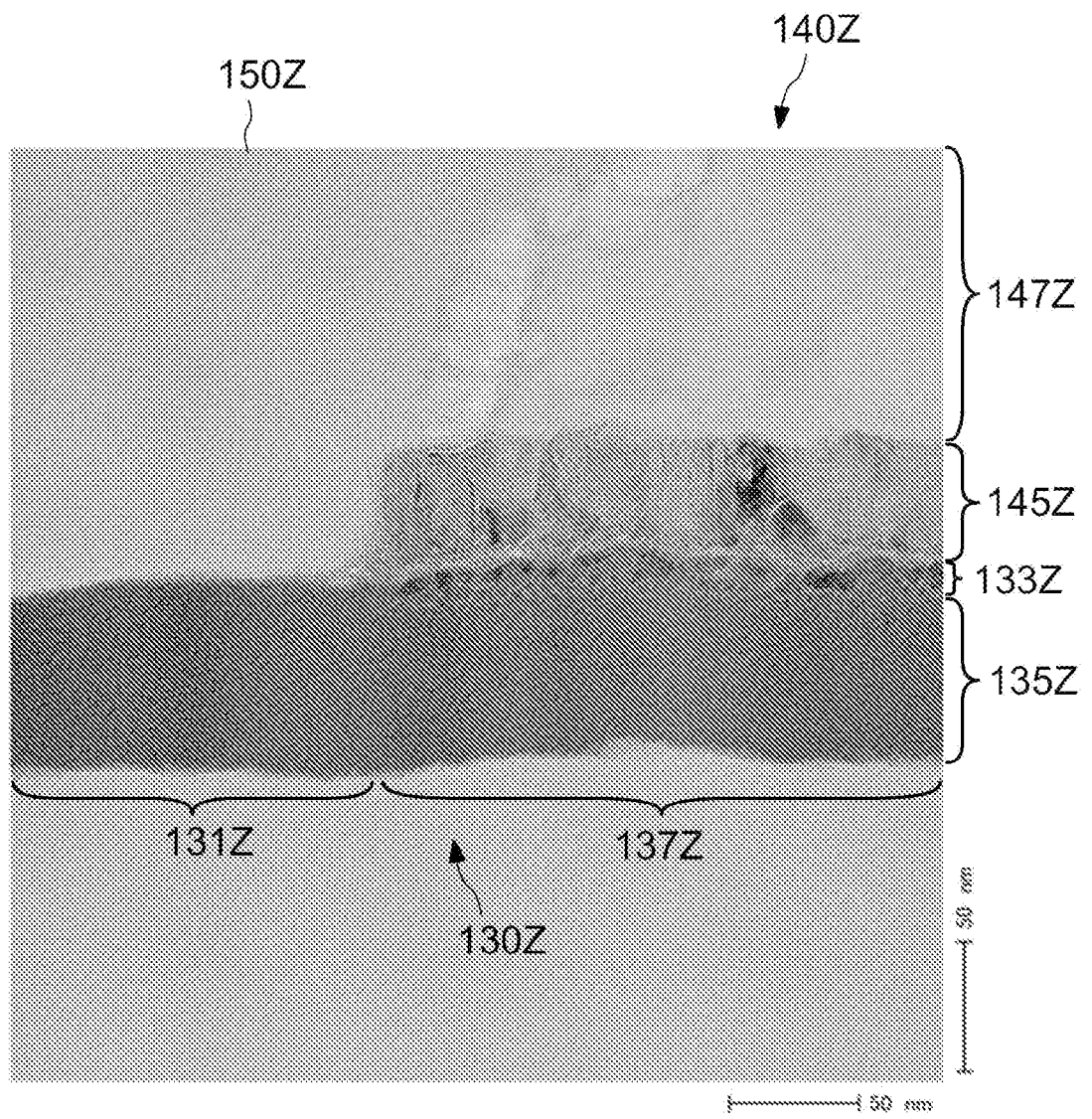
[図7A]



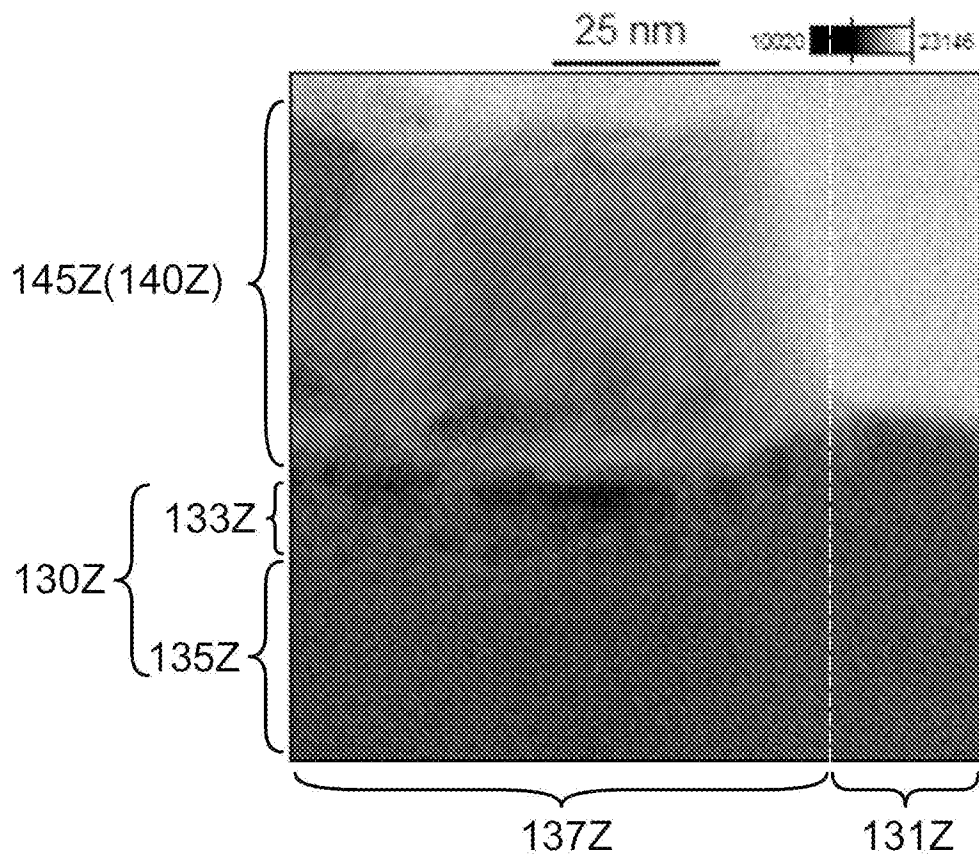
[図7B]



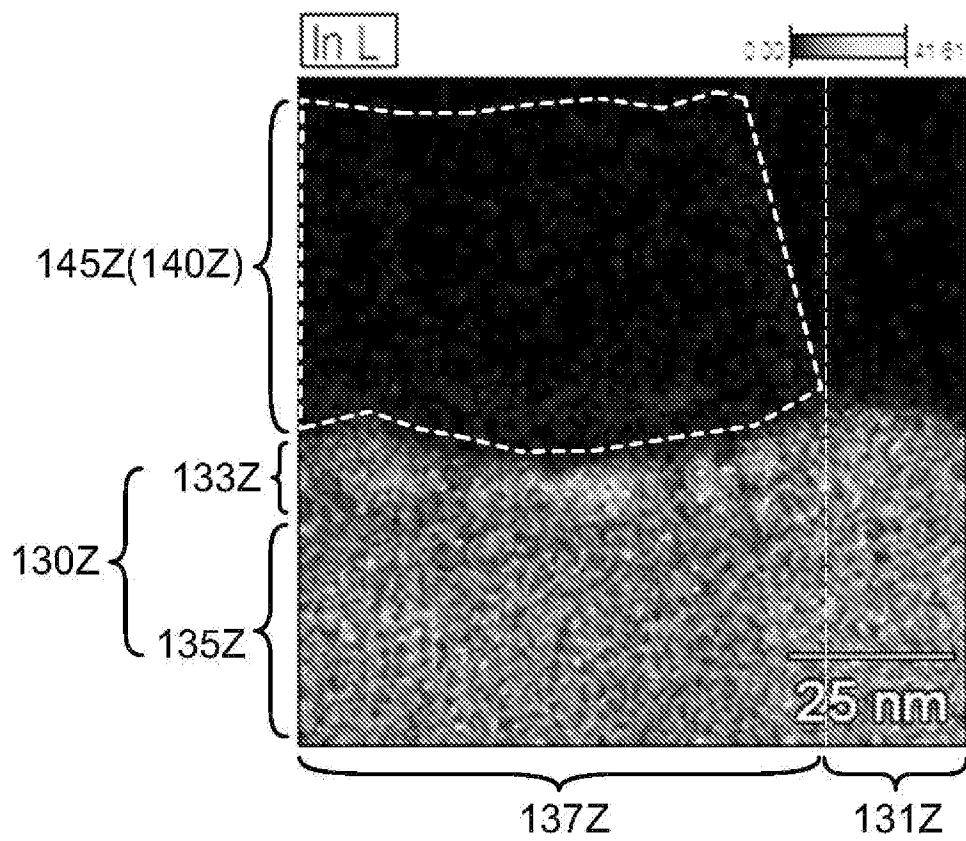
[図8]

10Z

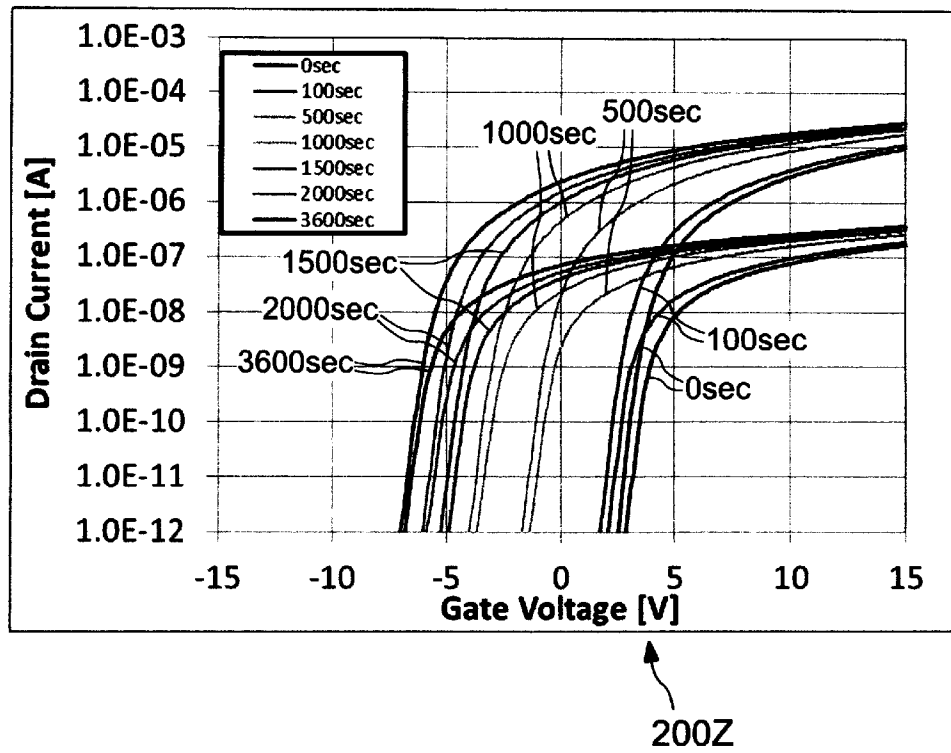
[図9A]



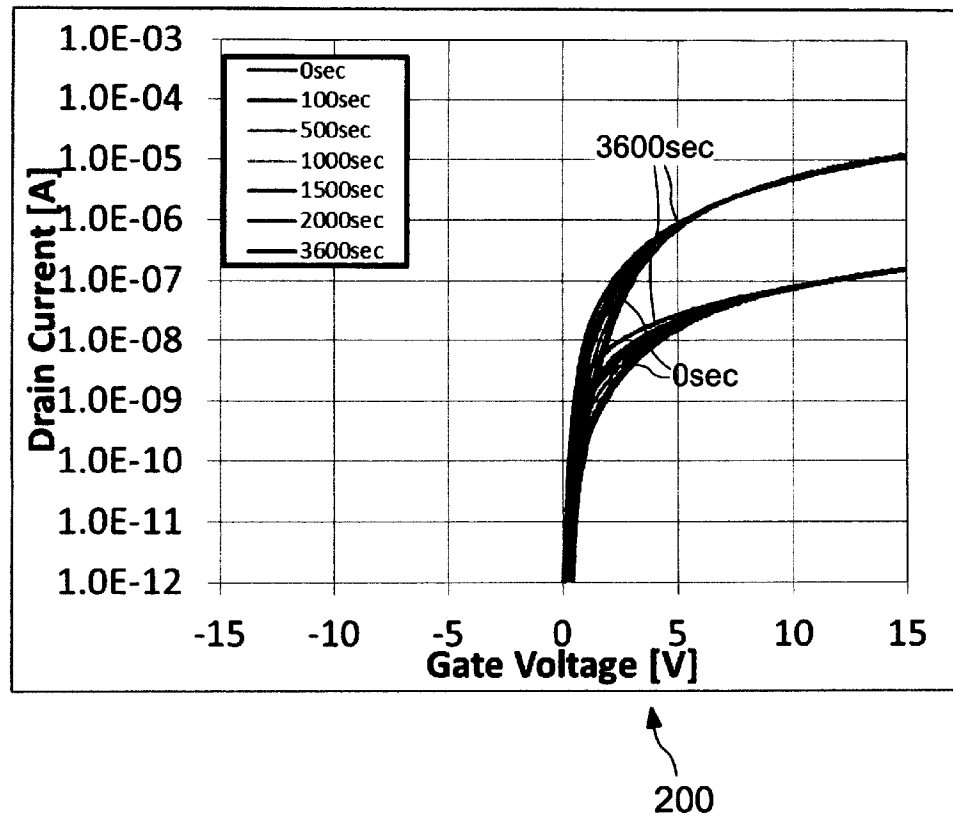
[図9B]



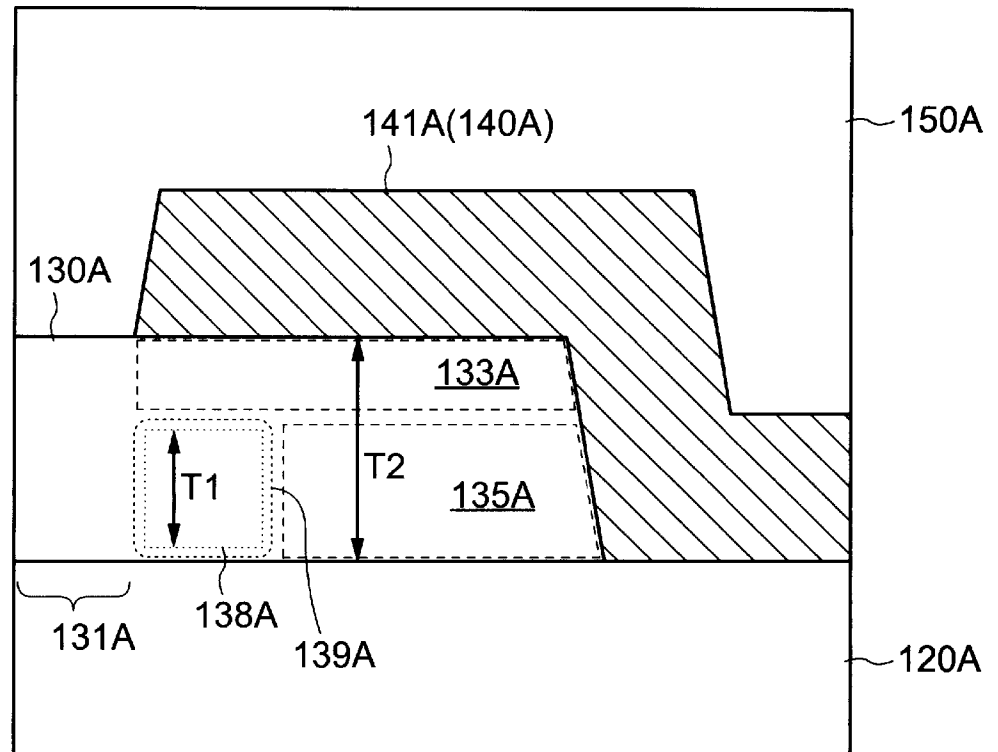
[図10A]



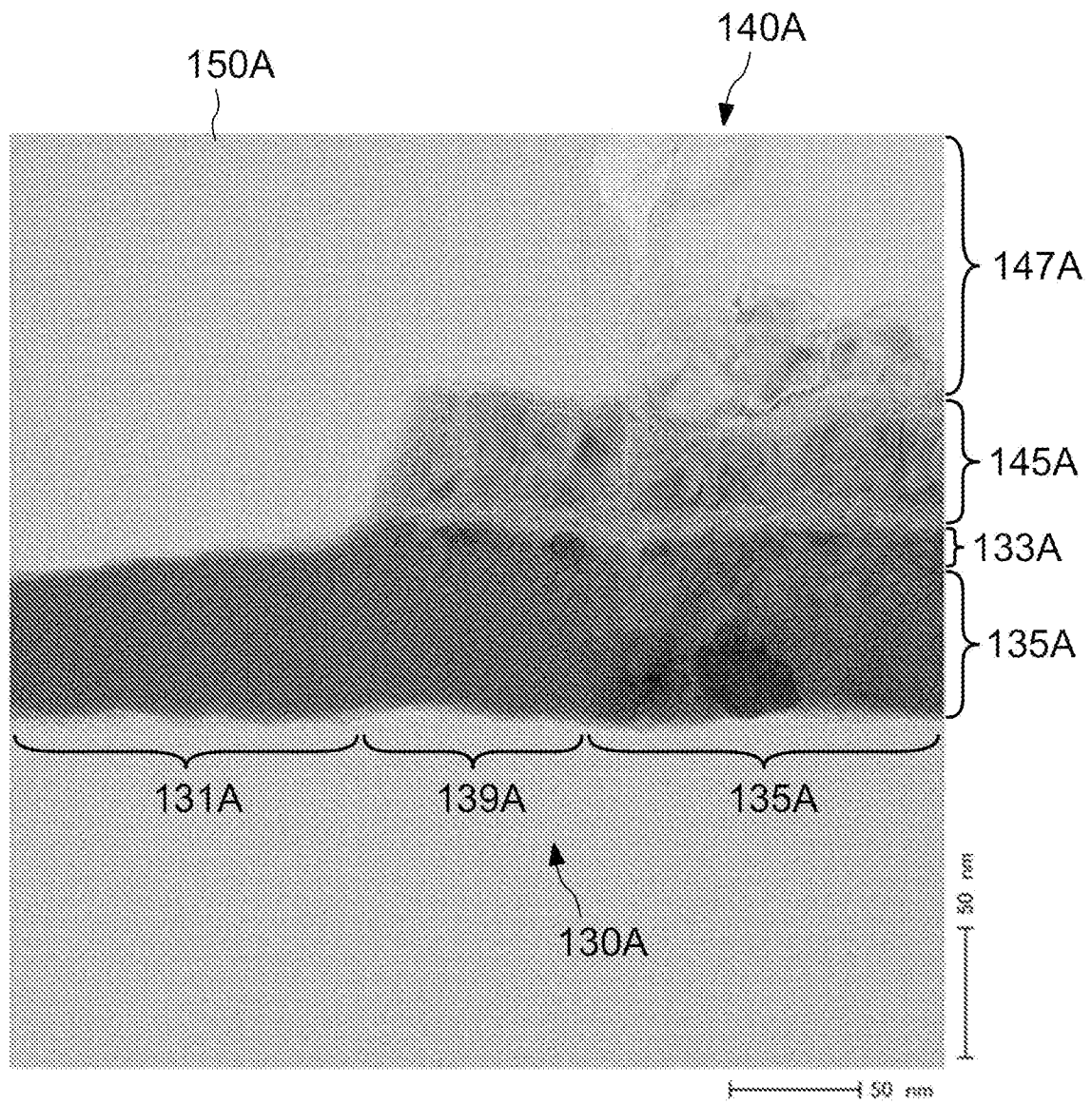
[図10B]



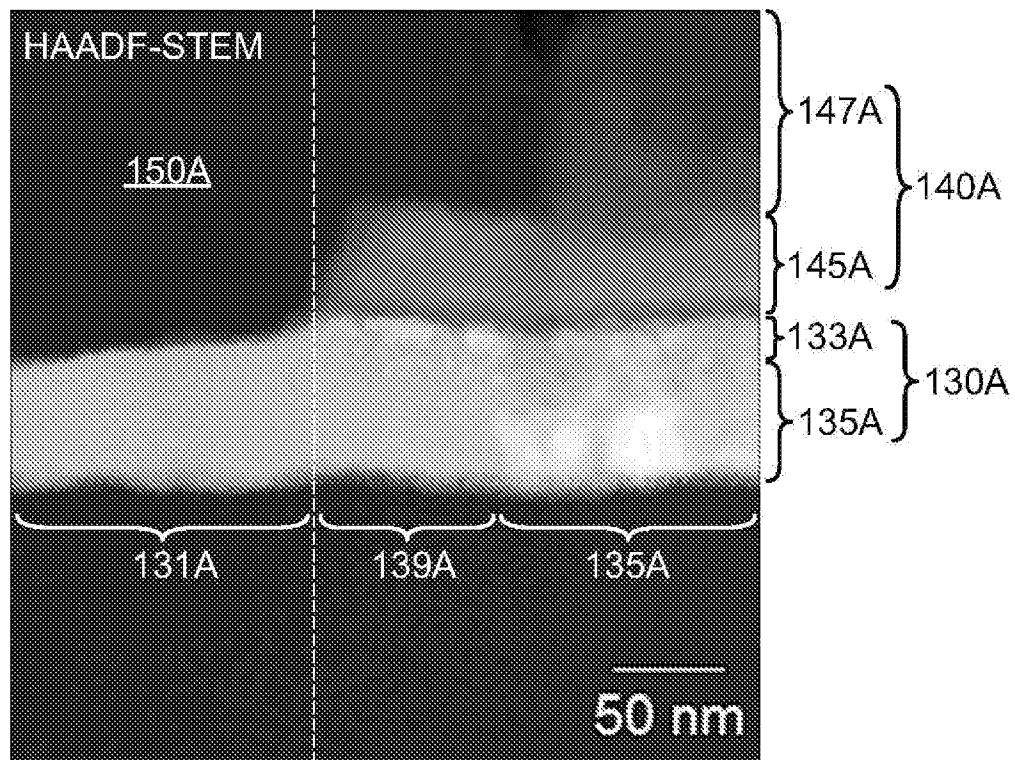
10A



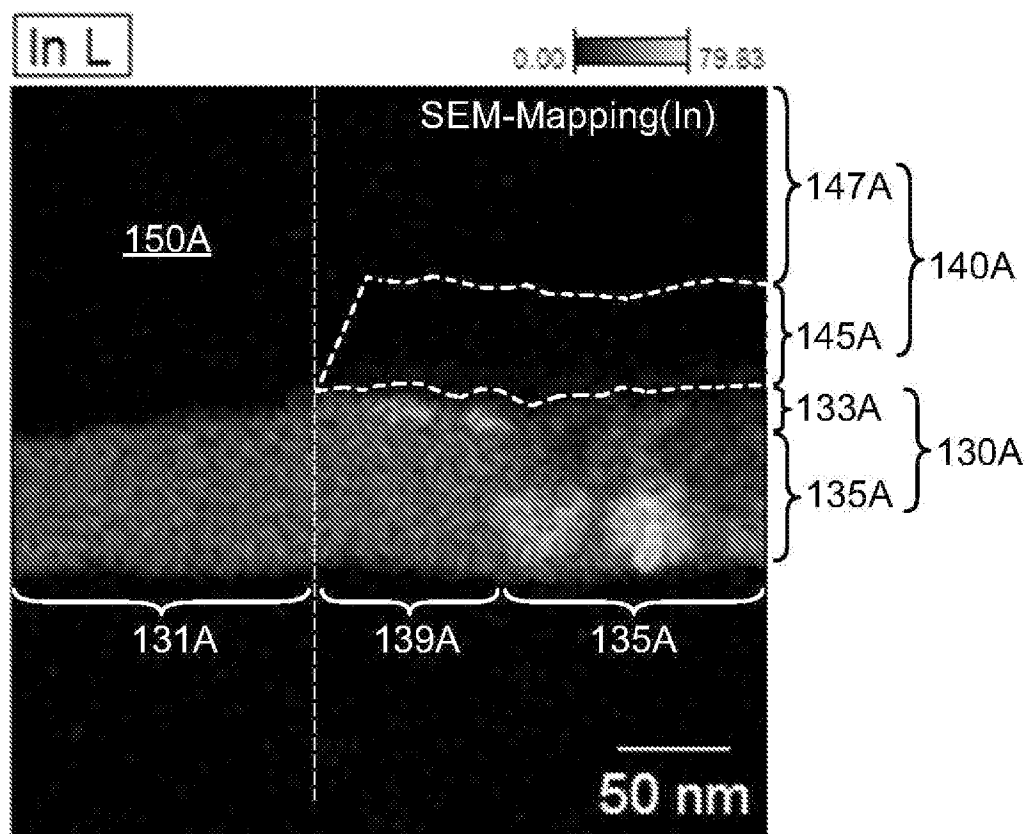
[図12]



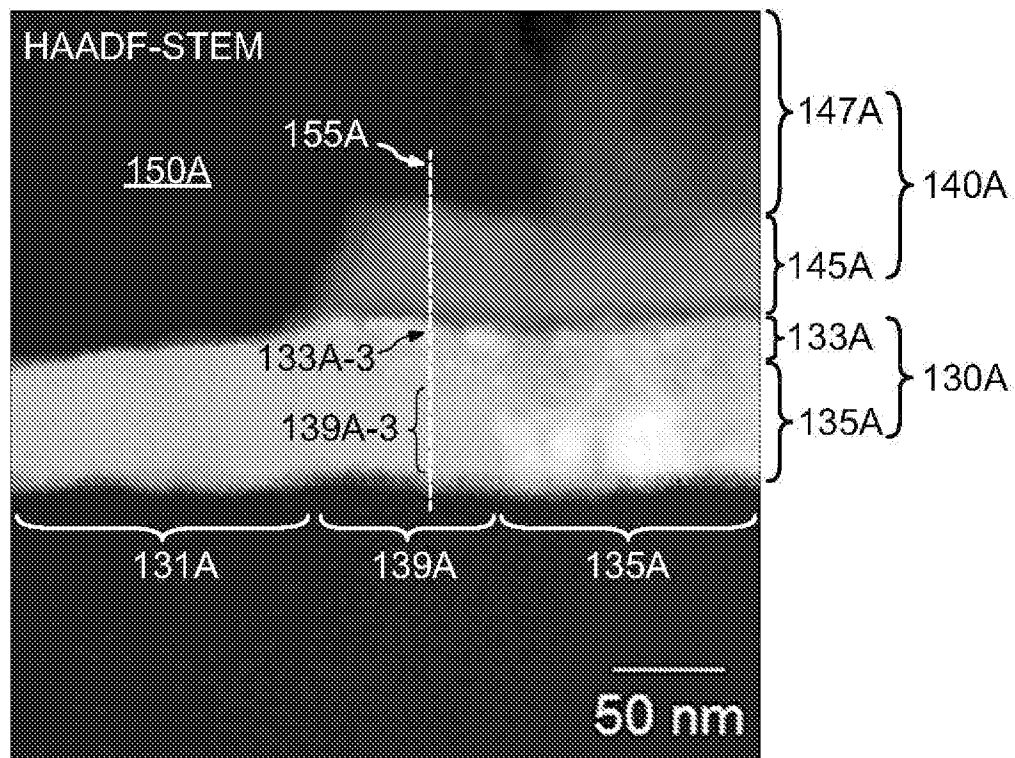
[図13A]



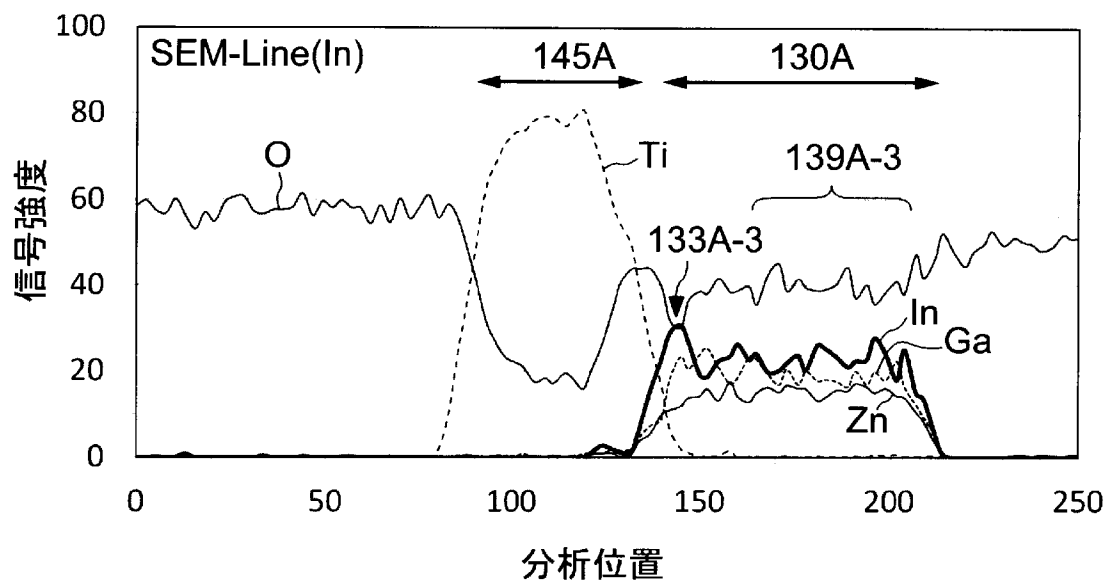
[図13B]



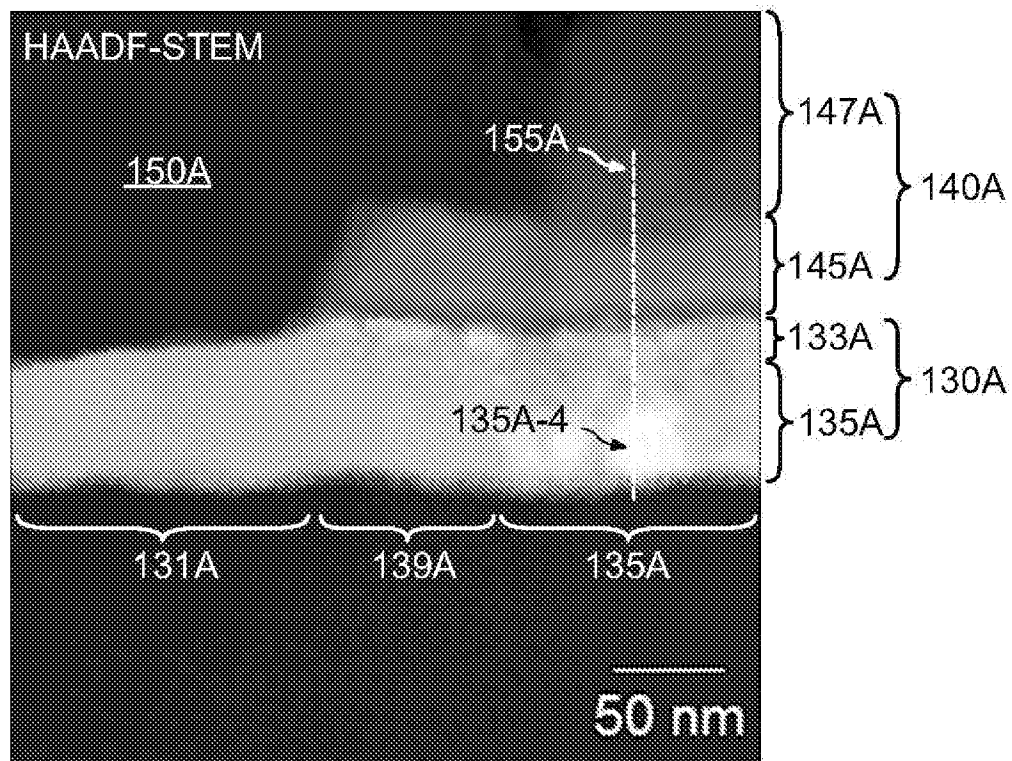
[図14A]



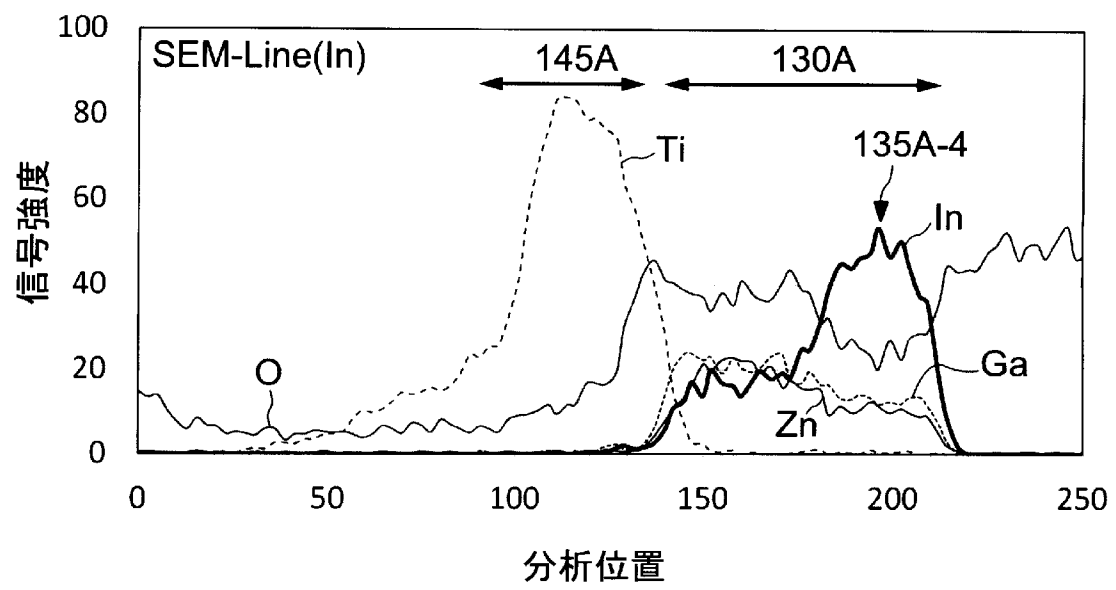
[図14B]



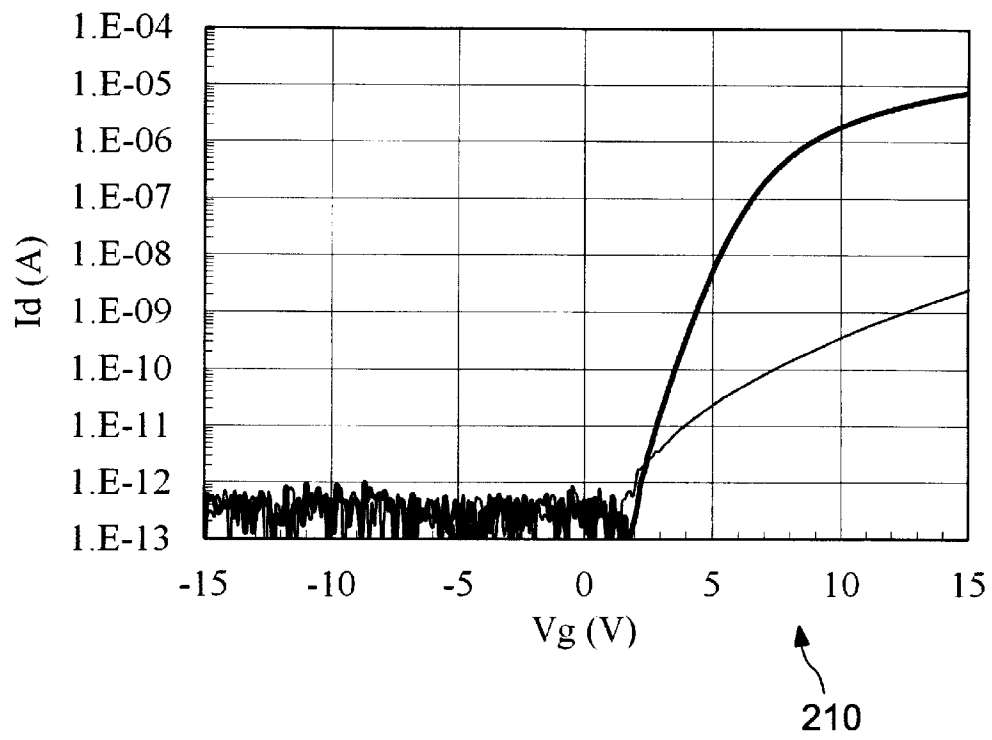
[図15A]



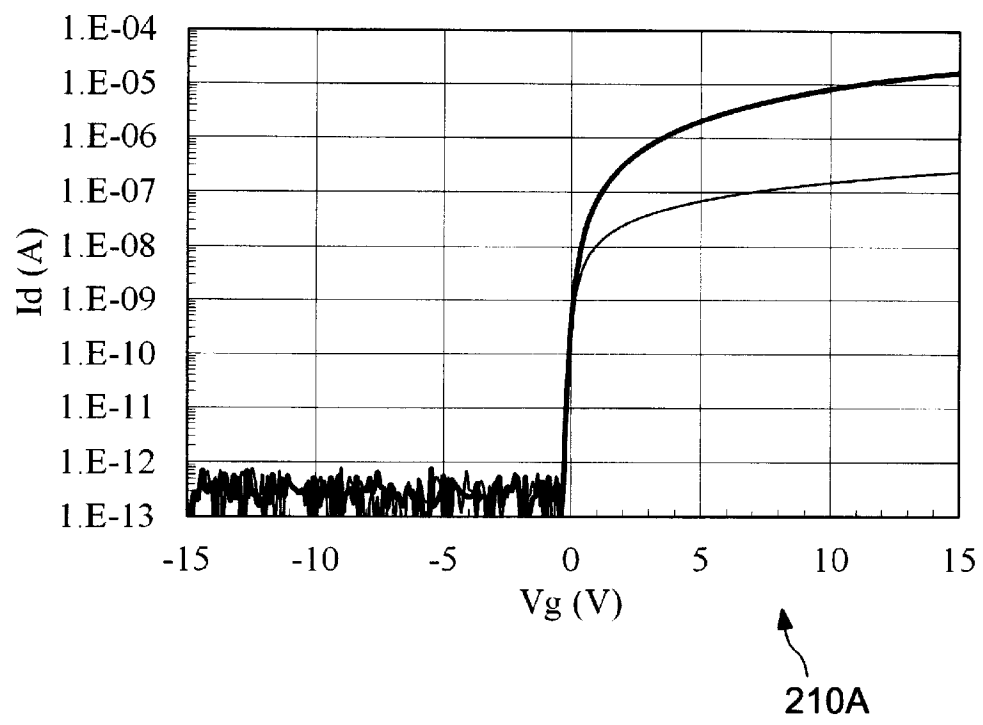
[図15B]



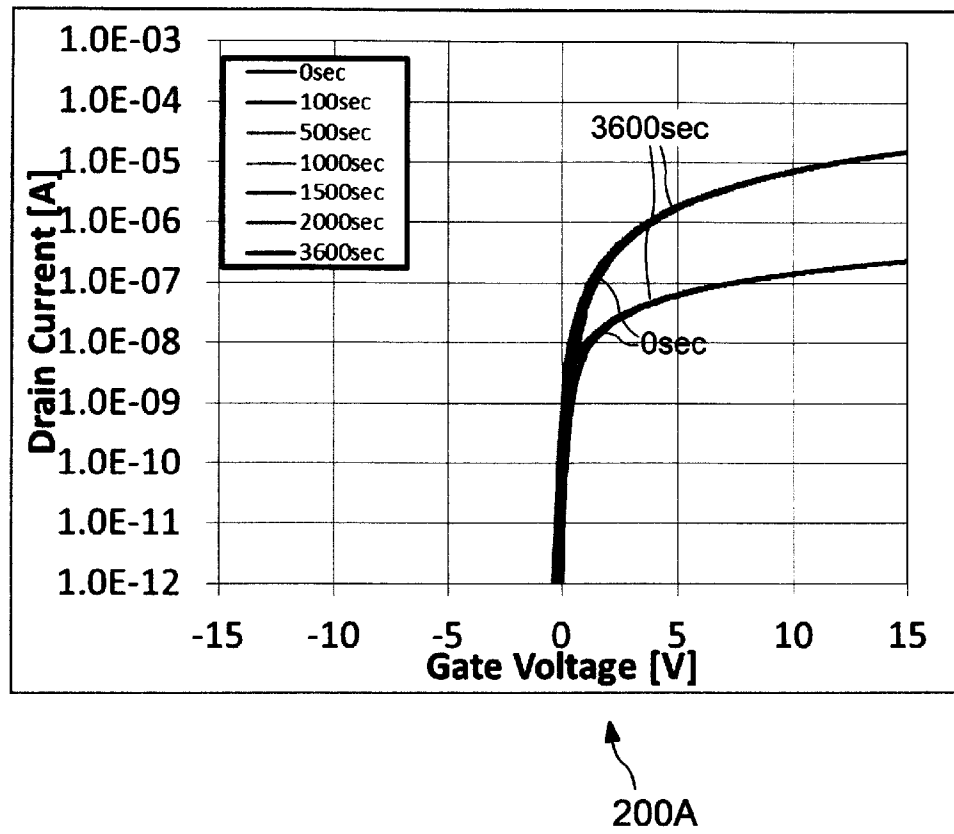
[図16A]



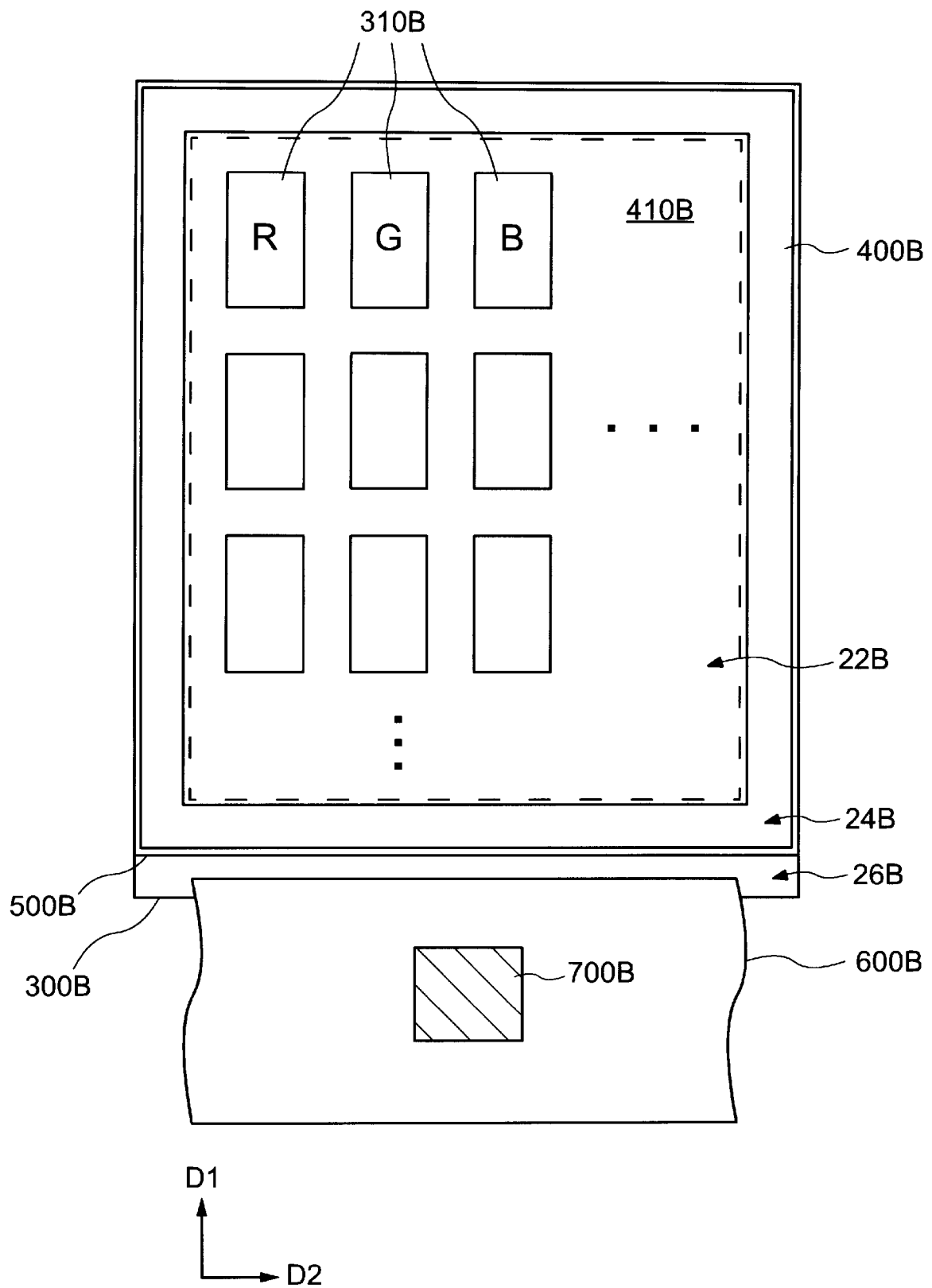
[図16B]



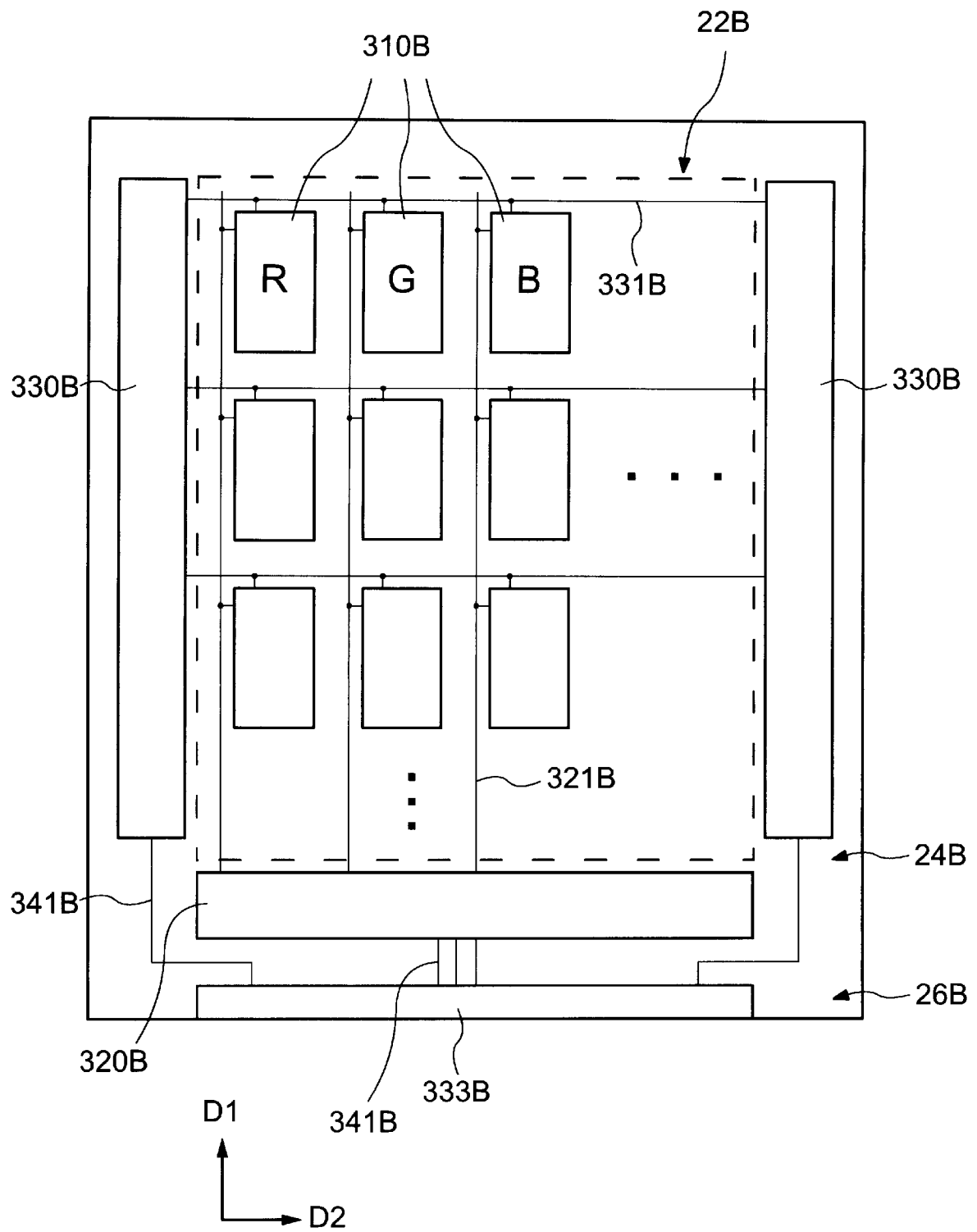
[図17]



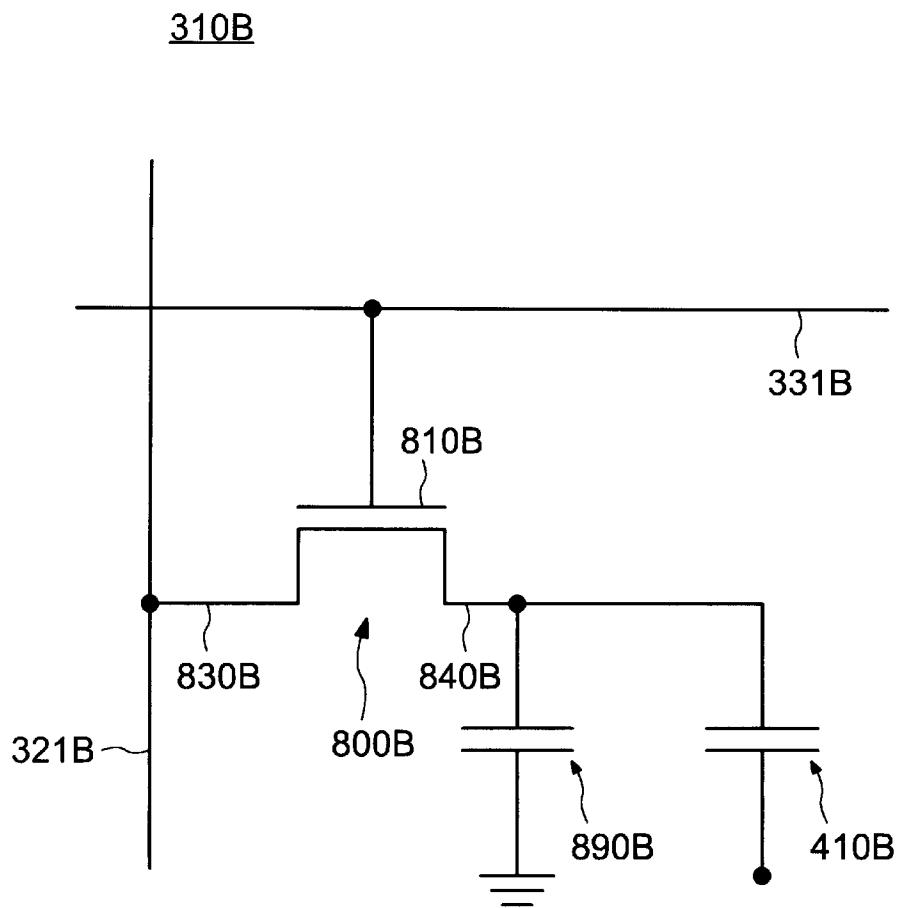
[図18]

20B

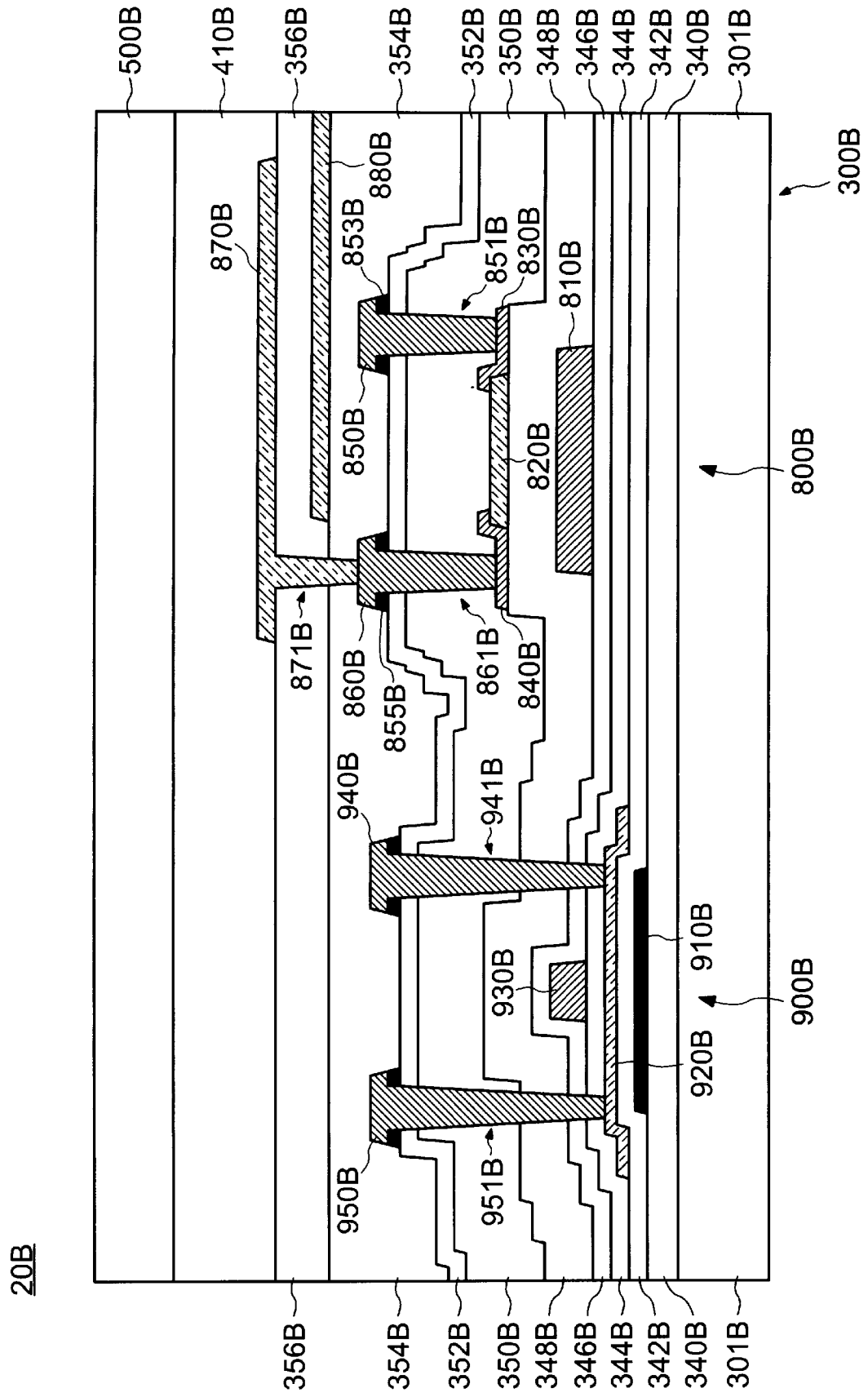
[図19]

20B

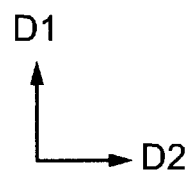
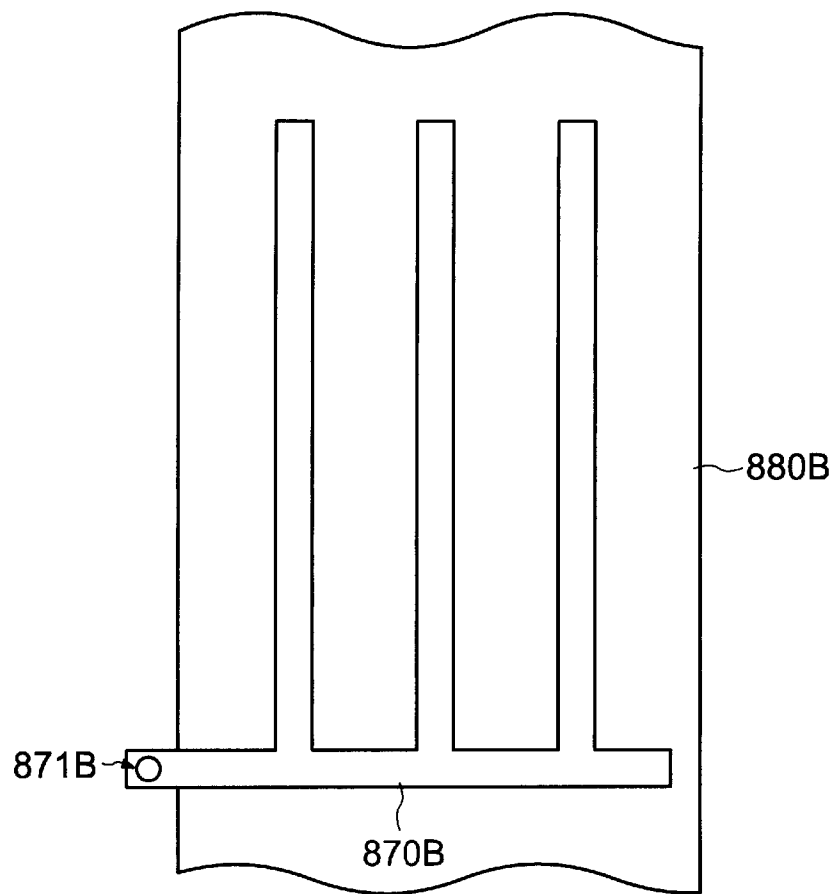
[図20]



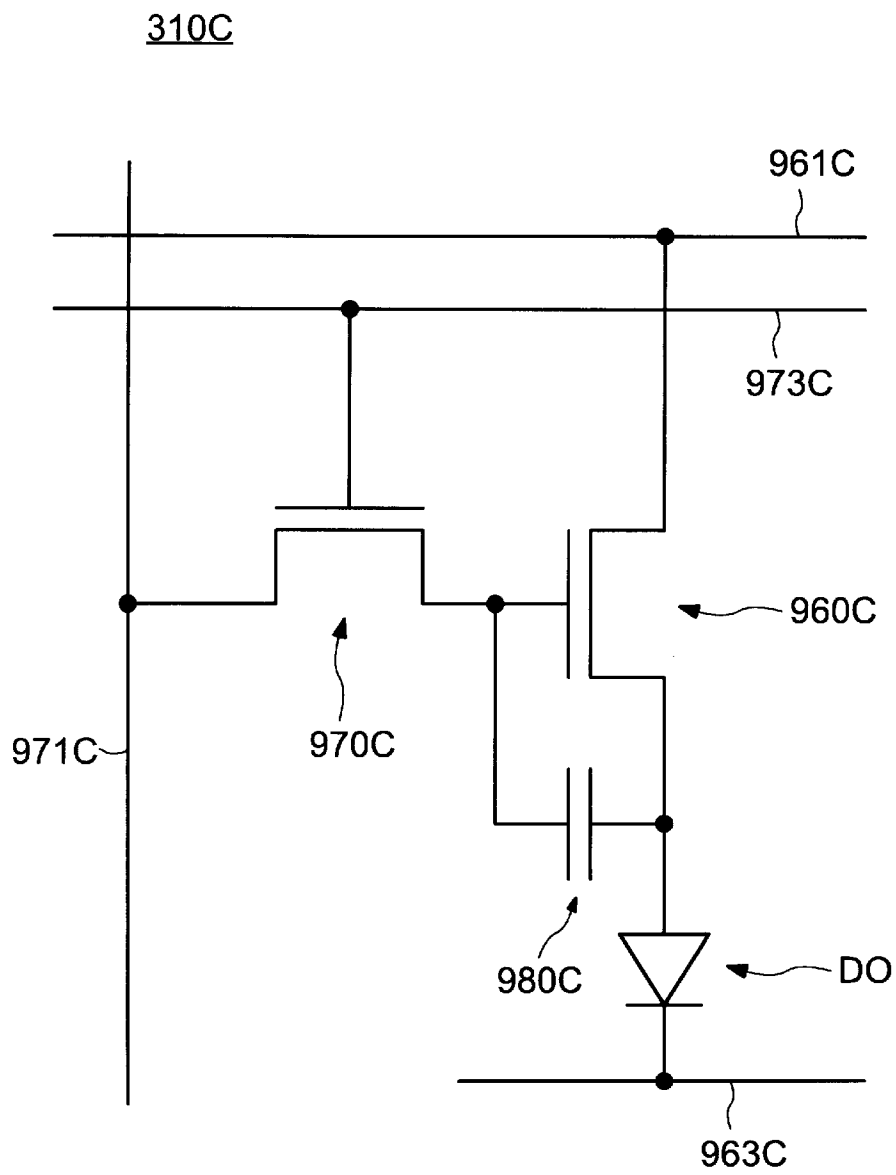
[図21]



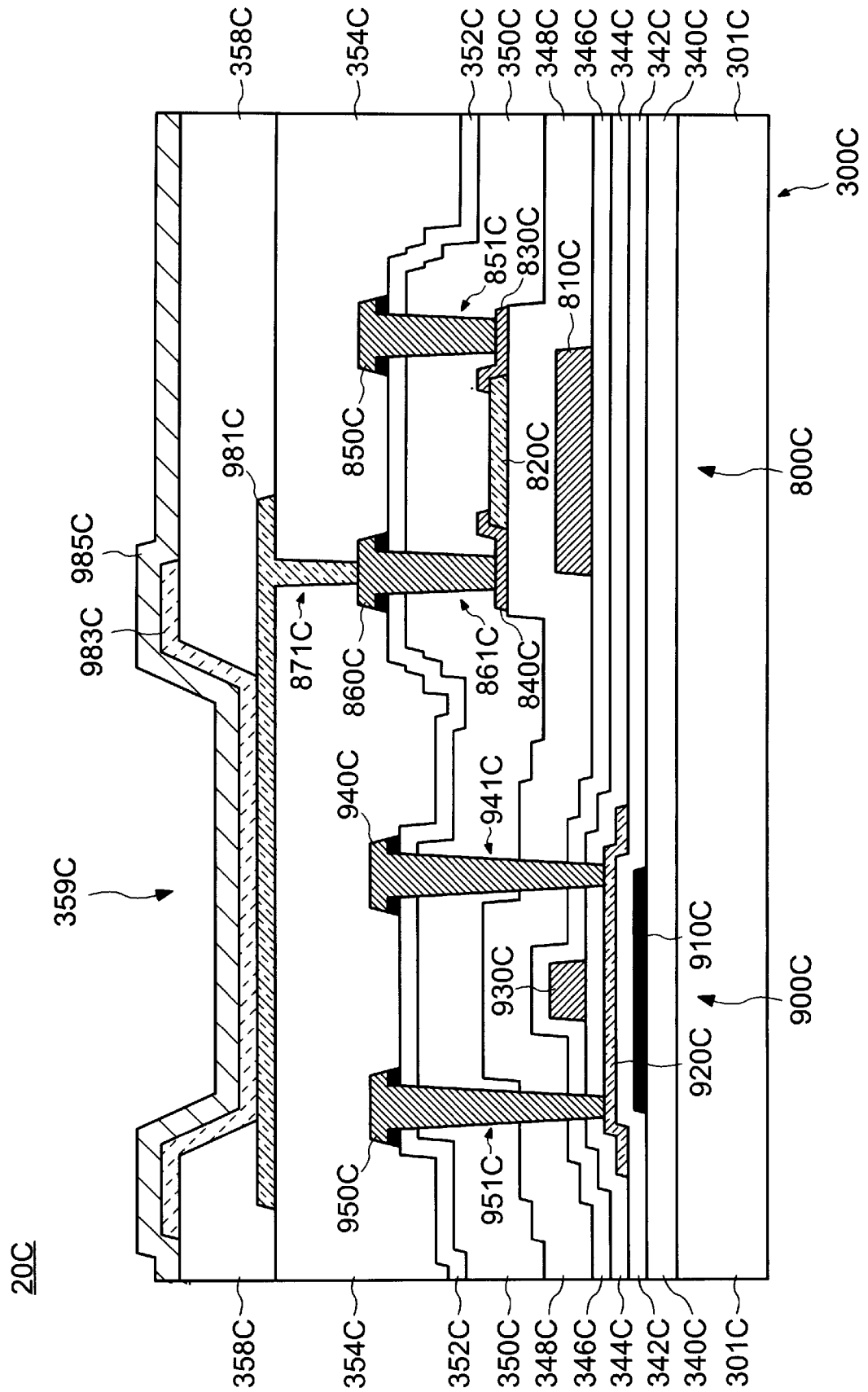
[図22]



[図23]



[図24]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/005321

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 29/786(2006.01)i; H01L 21/8234(2006.01)i; H01L 27/088(2006.01)i
FI: H01L29/78 616V; H01L29/78 618B; H01L27/088 B; H01L27/088 331E

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	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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 A	JP 2018-190949 A (SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY CO., LTD.) 29.11.2018 (2018-11-29) paragraphs [0056], [0070]-[0074], [0265]-[0266], fig. 1, 3	1-2 3-9
X A	JP 2017-041641 A (SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY CO., LTD.) 23.02.2017 (2017-02-23) paragraphs [0031]-[0041], fig. 1	1-2 3-9
X A	WO 2011/132769 A1 (HITACHI, LTD.) 27.10.2011 (2011-10-27) paragraphs [0023]-[0038], fig. 1-6	1-2 3-9

☐ 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

"I" 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
07 April 2020 (07.04.2020)

Date of mailing of the international search report
21 April 2020 (21.04.2020)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
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/JP2020/005321

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2018-190949 A	29 Nov. 2018	US 2018/0076231 A1 paragraphs [0112], [0126]-[0130], [0321]-[0322], fig. 1A-1, 3 WO 2018/047067 A1 CN 109643735 A KR 10-2019-0045930 A (Family: none)	
JP 2017-041641 A	23 Feb. 2017	US 2013/0099229 A1	
WO 2011/132769 A1	27 Oct. 2011	paragraphs [0046]- [0061], fig. 1-6	

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 616V; H01L29/78 618B; H01L27/088 B; H01L27/088 331E														
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														
<table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2020年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2020年	日本国実用新案登録公報	1996-2020年	日本国登録実用新案公報	1994-2020年				
日本国実用新案公報	1922-1996年													
日本国公開実用新案公報	1971-2020年													
日本国実用新案登録公報	1996-2020年													
日本国登録実用新案公報	1994-2020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 2018-190949 A（株式会社半導体エネルギー研究所）29.11.2018（2018-11-29） 段落 [0056], [0070] - [0074], [0265] - [0266], 図1, 3	1-2												
A		3-9												
X	JP 2017-041641 A（株式会社半導体エネルギー研究所）23.02.2017（2017-02-23） 段落 [0031] - [0041], 図1	1-2												
A		3-9												
X	WO 2011/132769 A1（株式会社日立製作所）27.10.2011（2011-10-27） 段落 [0023] - [0038], 図1-6	1-2												
A		3-9												
☐ 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>* 参考文献のカテゴリー</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>			* 参考文献のカテゴリー	"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	
* 参考文献のカテゴリー	"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 07.04.2020	国際調査報告の発送日 21.04.2020													
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） 高橋 優斗 5F 5585 電話番号 03-3581-1101 内線 3516													

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/JP2020/005321

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2018-190949	A	29.11.2018	US 2018/0076231 A1 段落 [0 1 1 2] , [0 1 2 6] - [0 1 3 0] , [0 3 2 1] - [0 3 2 2] , 図 1 A - 1 , 3 WO 2018/047067 A1 CN 109643735 A KR 10-2019-0045930 A	
JP	2017-041641	A	23.02.2017	(ファミリーなし)	
WO	2011/132769	A1	27.10.2011	US 2013/0099229 A1 段落 [0 0 4 6] - [0 0 6 1] , 図 1 - 6	