

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2023年4月20日(20.04.2023)

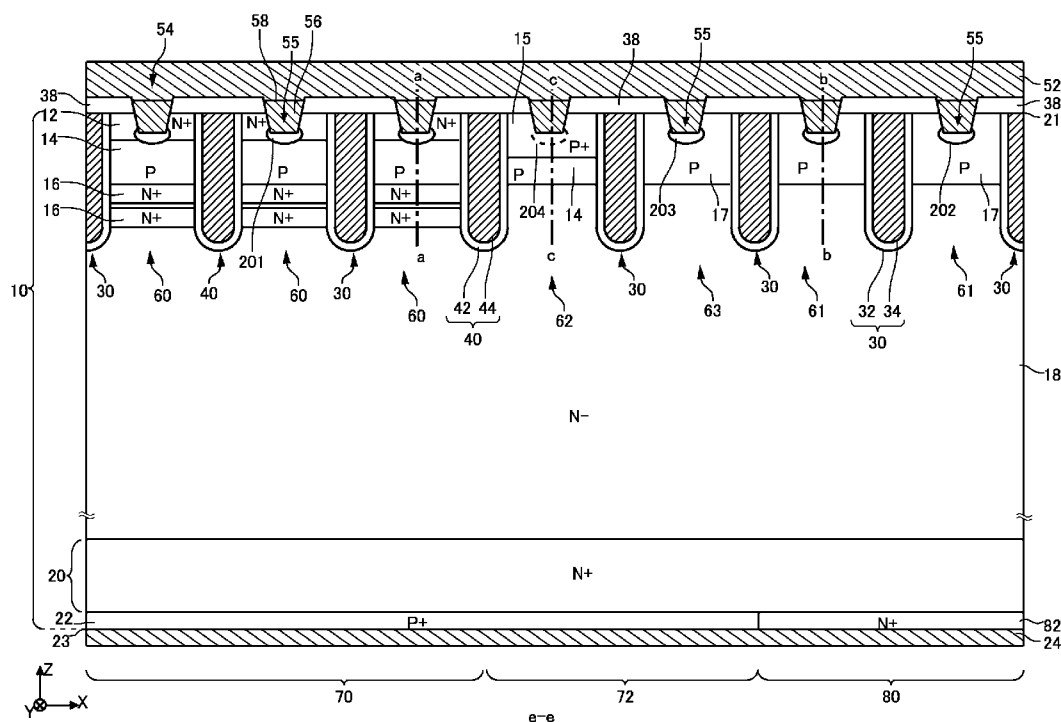


(10) 国際公開番号
WO 2023/063411 A1

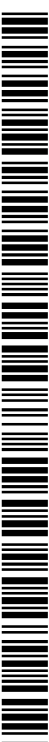
- (51) 国際特許分類:
H01L 29/78 (2006.01) H01L 29/739 (2006.01)
H01L 21/8234 (2006.01) H01L 29/861 (2006.01)
H01L 27/06 (2006.01) H01L 29/868 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/038340
- (22) 国際出願日: 2022年10月14日(14.10.2022)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2021-169659 2021年10月15日(15.10.2021) JP
- (71) 出願人: 富士電機株式会社 (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 内藤 達也 (NAITO Tatsuya); 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 弁理士法人 R Y U K A 国際特許事務所 (RYUKA IP LAW FIRM); 〒1631522 東京都新宿区西新宿1-6-1 新宿エルタワー22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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,

(54) Title: SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称: 半導体装置



(57) Abstract: Provided is a semiconductor device in which each of a transistor portion and a diode portion includes one or more trench contact portions provided in a depth direction of a semiconductor substrate from an upper surface of the semiconductor substrate. The transistor portion includes a first bottom portion region of a second conductivity type provided in contact with a bottom portion of one of the trench contact portions. The diode portion includes a second bottom portion region of the second conductivity type provided in contact with a bottom portion of one of the trench contact



WO 2023/063411 A1

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

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

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))
- 一 補正された請求の範囲 (条約第19条(1))

portions. The length of the first bottom portion region in an extending direction thereof is greater than the length of the second bottom portion region in an extending direction thereof.

(57) 要約: トランジスタ部およびダイオード部のそれぞれが、半導体基板の上面から半導体基板の深さ方向に設けられた1つ以上のトレンチコンタクト部を有し、トランジスタ部は、いずれかのトレンチコンタクト部の底部と接して設けられた第2導電型の第1底部領域を有し、ダイオード部は、いずれかのトレンチコンタクト部の底部と接して設けられた第2導電型の第2底部領域を有し、第1底部領域の延伸方向における長さが、第2底部領域の延伸方向における長さよりも大きい半導体装置を提供する。

明 細 書

発明の名称：半導体装置

技術分野

[0001] 本発明は、半導体装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) 等の半導体装置において、半導体基板上方の電極と半導体基板とを接続するコンタクトトレンチを設ける構造が知られている（例えば特許文献1および2参照）。

[先行技術文献]

[特許文献]

[特許文献1] WO2018/52099号

[特許文献2] 特開2018-195798号公報

解決しようとする課題

[0003] 半導体装置においては、ラッチアップを防ぎつつ、他の特性を向上させることが好ましい。

一般的開示

[0004] 上記課題を解決するために、本発明の第1の態様においては、半導体装置を提供する。半導体装置は、上面および下面を有し、第1導電型のドリフト領域が設けられた半導体基板を備えてよい。半導体装置は、半導体基板に設けられたトランジスタ部を備えてよい。半導体装置は、半導体基板に設けられたダイオード部を備えてよい。トランジスタ部およびダイオード部のそれぞれは、半導体基板の上面から半導体基板の深さ方向に設けられた1つ以上のトレンチコンタクト部を有してよい。トランジスタ部は、いずれかのトレンチコンタクト部の底部と接して設けられた第2導電型の第1底部領域を有してよい。ダイオード部は、いずれかのトレンチコンタクト部の底部と接して設けられた第2導電型の第2底部領域を有してよい。第1底部領域の延伸

方向における長さが、第2底部領域の延伸方向における長さよりも大きくてよい。

[0005] ダイオード部において、複数の第2底部領域が延伸方向に沿って離散的に配置されていてよい。

[0006] 半導体装置は、トランジスタ部およびダイオード部の間に設けられ、1つ以上のトレンチコンタクト部を含む境界部を備えてよい。境界部は、いずれかのトレンチコンタクト部の底部と接して設けられた第2導電型の第3底部領域を有してよい。第1底部領域の延伸方向における長さが、第3底部領域の延伸方向における長さよりも大きくてよい。

[0007] 第2底部領域の延伸方向における長さ、と、第3底部領域の延伸方向における長さ、とが同一であってよい。

[0008] トランジスタ部は、半導体基板の上面と接して設けられ、ドリフト領域よりもドーピング濃度の高い第1導電型のエミッタ領域を有してよい。トランジスタ部は、エミッタ領域とドリフト領域との間に設けられた第2導電型のベース領域を有してよい。トランジスタ部は、半導体基板の上面と接して設けられ、ベース領域と接続され、ベース領域よりもドーピング濃度の高い第2導電型のコンタクト領域を有してよい。トランジスタ部は、エミッタ領域およびベース領域に接し、上面から下面に向かって設けられるゲートトレンチ部を有してよい。延伸方向はゲートトレンチ部が延伸する長手方向であってよい。

[0009] コンタクト領域は、延伸方向においてエミッタ領域と交互に配置されてよい。第1底部領域は、延伸方向において離れて配置された2つのコンタクト領域を接続してよい。

[0010] 第1底部領域の一部の領域は、コンタクト領域の下端よりも半導体基板の上面側に設けられていてよい。

[0011] 第1底部領域のドーピング濃度が、コンタクト領域のドーピング濃度よりも高くてよい。

[0012] 第1底部領域は、ドーピング濃度の深さ方向における第1濃度ピークを有

してよい。コンタクト領域は、ドーピング濃度の深さ方向における第2濃度ピークを有してよい。第1濃度ピークの半値半幅が、第2濃度ピークの半値半幅よりも小さくてよい。

[0013] トレンチコンタクト部の下端は、エミッタ領域の下端よりも半導体基板の上面側に配置されていてよい。

[0014] ダイオード部のトレンチコンタクト部は、トランジスタ部のトレンチコンタクト部よりも下方まで設けられていてよい。

[0015] ダイオード部のトレンチコンタクト部は、トランジスタ部のトレンチコンタクト部よりも、半導体基板の上面における幅が小さくてよい。

[0016] 境界部のトレンチコンタクト部は、ダイオード部のトレンチコンタクト部およびトランジスタ部のトレンチコンタクト部のいずれよりも下方まで設けられていてよい。

[0017] 境界部のトレンチコンタクト部は、ダイオード部のトレンチコンタクト部およびトランジスタ部のトレンチコンタクト部のいずれよりも、半導体基板の上面における幅が小さくてよい。

[0018] ダイオード部は、ドリフト領域と半導体基板の上面との間に設けられた、第2導電型のアノード領域を有してよい。アノード領域のドーピング濃度が、ベース領域のドーピング濃度よりも低くてよい。

[0019] トランジスタ部は、ベース領域とドリフト領域との間において深さ方向に複数設けられた、ドリフト領域よりもドーピング濃度の高い蓄積領域を有してよい。

[0020] 本発明の第2の態様においては、半導体装置を提供する。半導体装置は、上面および下面を有し、第1導電型のドリフト領域が設けられた半導体基板を備えてよい。半導体装置は、半導体基板に設けられたトランジスタ部を備えてよい。トランジスタ部は、半導体基板の上面から半導体基板の深さ方向に設けられた1つ以上のトレンチコンタクト部を有してよい。トランジスタ部は、いずれかのトレンチコンタクト部の底部と接して設けられた第2導電型の第1底部領域を有してよい。トランジスタ部は、半導体基板の上面と接

して設けられ、ドリフト領域よりもドーピング濃度の高い第1導電型のエミッタ領域を有してよい。トランジスタ部は、エミッタ領域とドリフト領域との間に設けられた第2導電型のベース領域を有してよい。トランジスタ部は、半導体基板の上面と接して設けられ、ベース領域と接続され、ベース領域よりもドーピング濃度の高い第2導電型のコンタクト領域を有してよい。第1底部領域のドーピング濃度が、コンタクト領域のドーピング濃度よりも高くてもよい。

[0021] 第1底部領域は、ドーピング濃度の深さ方向における第1濃度ピークを有してよい。コンタクト領域は、ドーピング濃度の深さ方向における第2濃度ピークを有してよい。第1濃度ピークの半値半幅が、第2濃度ピークの半値半幅よりも小さくてもよい。

[0022] なお、上記の発明の概要は、本発明の必要な特徴の全てを列挙したものである。また、これらの特徴群のサブコンビネーションもまた、発明となりうる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明の一つの実施形態に係る半導体装置100の一例を示す上面図である。

[図2]図1における領域Dの拡大図である。

[図3A]図2におけるe-e断面の一例を示す図である。

[図3B]e-e断面の他の例を示す図である。

[図4A]トランジスタ部70のメサ部60の一例を示す斜視断面図である。

[図4B]トランジスタ部70のメサ部60-1の他の例を示す斜視断面図である。

[図5]ダイオード部80のメサ部61の一例を示す斜視断面図である。

[図6]境界部72のメサ部62の一例を示す斜視断面図である。

[図7A]図3Aに示したa-a線におけるYZ断面の一例を示す。

[図7B]図3Aに示したa-a線におけるYZ断面の他の例を示す。

[図8]図3Aに示したb-b線におけるYZ断面の一例を示す。

[図9]図3Aに示したc-c線におけるYZ断面の一例を示す。

[図10A]メサ部60のトレンチコンタクト部55の近傍におけるXZ断面を示す。

[図10B]メサ部60のトレンチコンタクト部55の近傍におけるXZ断面の他の例を示す。

[図11]トランジスタ部70のメサ部60の他の例を示す図である。

[図12]メサ部60-2のYZ断面を示す図である。

[図13]図7のf-f線におけるドーピング濃度分布の一例を示す図である。

[図14]各メサ部におけるトレンチコンタクト部55の構造例を示す図である。

[図15]各メサ部におけるトレンチコンタクト部55の構造例を示す図である。

[図16A]トランジスタ部70のメサ部60の他の例を示す図である。

[図16B]メサ部60-3の他の例を示す図である。

[図17]ダイオード部80のメサ部61の他の例を示す図である。

[図18]ダイオード部80のメサ部61の他の例を示す図である。

[図19]半導体装置100におけるメサ部の組み合わせの一例を示す図である。

[図20]半導体装置100におけるメサ部の組み合わせの他の例を示す図である。

[図21]半導体装置100におけるメサ部の組み合わせの他の例を示す図である。

[図22]半導体装置100におけるメサ部の組み合わせの他の例を示す図である。

[図23]半導体装置100におけるメサ部の組み合わせの他の例を示す図である。

[図24]半導体装置100におけるメサ部の組み合わせの他の例を示す図である。

[図25]半導体装置100におけるメサ部の組み合わせの他の例を示す図である。

[図26]半導体装置100の他の構成例を示すe-e断面である。

[図27]半導体装置100の他の構成例を示すe-e断面である。

[図28]半導体装置100の他の構成例を示す上面図である。

[図29]半導体装置100の他の構成例を示す上面図である。

[図30]半導体装置100の他の構成例を示す上面図である。

[図31]半導体装置100の他の構成例を示す上面図である。

[図32]半導体装置100の他の構成例を示す上面図である。

[図33]半導体装置100の他の構成例を示す図である。

[図34]図33におけるe-e断面の一例を示す図である。

[図35A]半導体装置100の他の構成例を示す図である。

[図35B]図35Aにおけるa-a断面およびa'-a'断面のドーピング濃度分布の一例を示す図である。

[図36]図7Aに示したメサ部60の構造に、トレンチ底部領域260を追加した例を示している。

[図37]図8に示したメサ部61の構造に、トレンチ底部領域260を追加した例を示している。

[図38]図9に示したメサ部62の構造に、トレンチ底部領域260を追加した例を示している。

[図39]半導体装置100の他の構成例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0024] 以下、発明の実施の形態を通じて本発明を説明するが、以下の実施形態は請求の範囲にかかる発明を限定するものではない。また、実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。

[0025] 本明細書においては半導体基板の深さ方向と平行な方向における一方の側を「上」、他方の側を「下」と称する。基板、層またはその他の部材の2つ

の主面のうち、一方の面を上面、他方の面を下面と称する。「上」、「下」の方向は、重力方向または半導体装置の実装時における方向に限定されない。

[0026] 本明細書では、X軸、Y軸およびZ軸の直交座標軸を用いて技術的事項を説明する場合がある。直交座標軸は、構成要素の相対位置を特定するに過ぎず、特定の方向を限定するものではない。例えば、Z軸は地面に対する高さ方向を限定して示すものではない。なお、+Z軸方向と-Z軸方向とは互いに逆向きの方向である。正負を記載せず、Z軸方向と記載した場合、+Z軸および-Z軸に平行な方向を意味する。

[0027] 本明細書では、半導体基板の上面および下面に平行な直交軸をX軸およびY軸とする。また、半導体基板の上面および下面と垂直な軸をZ軸とする。本明細書では、Z軸の方向を深さ方向と称する場合がある。また、本明細書では、X軸およびY軸を含めて、半導体基板の上面および下面に平行な方向を、水平方向と称する場合がある。

[0028] また、半導体基板の深さ方向における中心から、半導体基板の上面までの領域を、上面側と称する場合がある。同様に、半導体基板の深さ方向における中心から、半導体基板の下面までの領域を、下面側と称する場合がある。

[0029] 本明細書において「同一」または「等しい」のように称した場合、製造ばらつき等に起因する誤差を有する場合も含んでよい。当該誤差は、例えば10%以内である。

[0030] 本明細書においては、不純物がドーピングされたドーピング領域の導電型をP型またはN型として説明している。本明細書においては、不純物とは、特にN型のドナーまたはP型のアクセプタのいずれかを意味する場合があり、ドーパントと記載する場合がある。本明細書においては、ドーピングとは、半導体基板にドナーまたはアクセプタを導入し、N型の導電型を示す半導体またはP型の導電型を示す半導体とすることを意味する。

[0031] 本明細書においては、ドーピング濃度とは、熱平衡状態におけるドナーの濃度またはアクセプタの濃度を意味する。本明細書においては、ネット・ド

ーピング濃度とは、ドナー濃度を正イオンの濃度とし、アクセプタ濃度を負イオンの濃度として、電荷の極性を含めて足し合わせた正味の濃度を意味する。一例として、ドナー濃度を N_D 、アクセプタ濃度を N_A とすると、任意の位置における正味のネット・ドーピング濃度は $N_D - N_A$ となる。本明細書では、ネット・ドーピング濃度を単にドーピング濃度と記載する場合がある。

[0032] ドナーは、半導体に電子を供給する機能を有している。アクセプタは、半導体から電子を受け取る機能を有している。ドナーおよびアクセプタは、不純物自体には限定されない。例えば、半導体中に存在する空孔（V）、酸素（O）および水素（H）が結合したVOH欠陥は、電子を供給するドナーとして機能する。本明細書では、VOH欠陥を水素ドナーと称する場合がある。

[0033] 本明細書において半導体基板は、N型のバルク・ドナーが全体に分布している。バルク・ドナーは、半導体基板の元となるインゴットの製造時に、インゴット内に略一様に含まれたドーパントによるドナーである。本例のバルク・ドナーは、水素以外の元素である。バルク・ドナーのドーパントは、例えばリン、アンチモン、ヒ素、セレンまたは硫黄であるが、これに限定されない。本例のバルク・ドナーは、リンである。バルク・ドナーは、P型の領域にも含まれている。半導体基板は、半導体のインゴットから切り出したウエハであってよく、ウエハを個片化したチップであってよい。半導体のインゴットは、チョクラルスキー法（CZ法）、磁場印加型チョクラルスキー法（MCZ法）、フロートゾーン法（FZ法）のいずれかで製造されてよい。本例におけるインゴットは、MCZ法で製造されている。MCZ法で製造された基板に含まれる酸素濃度は $1 \times 10^{17} \sim 7 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ である。FZ法で製造された基板に含まれる酸素濃度は $1 \times 10^{15} \sim 5 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ である。酸素濃度が高い方が水素ドナーを生成しやすい傾向がある。バルク・ドナー濃度は、半導体基板の全体に分布しているバルク・ドナーの化学濃度を用いてよく、当該化学濃度の90%から100%の間の値であってよい。また、半導体基板は、リン等のドーパントを含まないノンドーパ基板を

用いてもよい。その場合、ノンドーピング基板のバルク・ドナー濃度 (D_0) は例えば $1 \times 10^{10} / \text{cm}^3$ 以上、 $5 \times 10^{12} / \text{cm}^3$ 以下である。ノンドーピング基板のバルク・ドナー濃度 (D_0) は、好ましくは $1 \times 10^{11} / \text{cm}^3$ 以上である。ノンドーピング基板のバルク・ドナー濃度 (D_0) は、好ましくは $5 \times 10^{12} / \text{cm}^3$ 以下である。尚、本発明における各濃度は、室温における値でよい。室温における値は、一例として 300 K (ケルビン) (約 26.9°C) のときの値を用いてよい。

[0034] 本明細書において P+型または N+型と記載した場合、P型または N型よりもドーピング濃度が高いことを意味し、P-型または N-型と記載した場合、P型または N型よりもドーピング濃度が低いことを意味する。また、本明細書において P++型または N++型と記載した場合には、P+型または N+型よりもドーピング濃度が高いことを意味する。本明細書の単位系は、特に断りがなければ SI 単位系である。長さの単位を cm で表示することがあるが、諸計算はメートル (m) に換算してから行ってよい。

[0035] 本明細書において化学濃度とは、電気的な活性化の状態によらずに測定される不純物の原子密度を指す。化学濃度は、例えば二次イオン質量分析法 (SIMS) により計測できる。上述したネット・ドーピング濃度は、電圧-容量測定法 (CV法) により測定できる。また、拡がり抵抗測定法 (SR法) により計測されるキャリア濃度を、ネット・ドーピング濃度としてよい。CV法または SR法により計測されるキャリア濃度は、熱平衡状態における値としてよい。また、N型の領域においては、ドナー濃度がアクセプタ濃度よりも十分大きいので、当該領域におけるキャリア濃度を、ドナー濃度としてもよい。同様に、P型の領域においては、当該領域におけるキャリア濃度を、アクセプタ濃度としてもよい。本明細書では、N型領域のドーピング濃度をドナー濃度と称する場合があります、P型領域のドーピング濃度をアクセプタ濃度と称する場合がある。

[0036] また、ドナー、アクセプタまたはネット・ドーピングの濃度分布がピークを有する場合、当該ピーク値を当該領域におけるドナー、アクセプタまたは

ネット・ドーピングの濃度としてよい。ドナー、アクセプタまたはネット・ドーピングの濃度がほぼ均一な場合等においては、当該領域におけるドナー、アクセプタまたはネット・ドーピングの濃度の平均値をドナー、アクセプタまたはネット・ドーピングの濃度としてよい。本明細書において、単位体積当りの濃度表示に atoms/cm^3 、または、 $/\text{cm}^3$ を用いる。この単位は、半導体基板内のドナーまたはアクセプタ濃度、または、化学濃度に用いられる。 atoms 表記は省略してもよい。

[0037] SR法により計測されるキャリア濃度が、ドナーまたはアクセプタの濃度より低くてもよい。拡がり抵抗を測定する際に電流が流れる範囲において、半導体基板のキャリア移動度が結晶状態の値よりも低い場合がある。キャリア移動度の低下は、格子欠陥等による結晶構造の乱れ（ディスオーダー）により、キャリアが散乱されることで生じる。

[0038] CV法またはSR法により計測されるキャリア濃度から算出したドナーまたはアクセプタの濃度は、ドナーまたはアクセプタを示す元素の化学濃度よりも低くてもよい。一例として、シリコンの半導体においてドナーとなるリンまたはヒ素のドナー濃度、あるいはアクセプタとなるボロン（ホウ素）のアクセプタ濃度は、これらの化学濃度の99%程度である。一方、シリコンの半導体においてドナーとなる水素のドナー濃度は、水素の化学濃度の0.1%から10%程度である。

[0039] 図1は、本発明の一つの実施形態に係る半導体装置100の一例を示す上面図である。図1においては、各部材を半導体基板10の上面に投影した位置を示している。図1においては、半導体装置100の一部の部材だけを示しており、一部の部材は省略している。

[0040] 半導体装置100は、半導体基板10を備えている。半導体基板10は、半導体材料で形成された基板である。一例として半導体基板10はシリコン基板である。半導体基板10は、上面視において端辺162を有する。本明細書で単に上面視と称した場合、半導体基板10の上面側から見ることを意味している。本例の半導体基板10は、上面視において互いに向かい合う2

組の端辺162を有する。図1においては、X軸およびY軸は、いずれかの端辺162と平行である。またZ軸は、半導体基板10の上面と垂直である。

[0041] 半導体基板10には活性部160が設けられている。活性部160は、半導体装置100が動作した場合に半導体基板10の上面と下面との間で、深さ方向に主電流が流れる領域である。活性部160の上方には、エミッタ電極が設けられているが図1では省略している。活性部160は、上面視においてエミッタ電極で重なる領域を指してよい。また、上面視において活性部160で挟まれる領域も、活性部160に含めてよい。

[0042] 活性部160には、IGBT等のトランジスタ素子を含むトランジスタ部70が設けられている。活性部160には、還流ダイオード(FWD)等のダイオード素子を含むダイオード部80が更に設けられていてもよい。図1の例では、半導体基板10の上面における所定の配列方向(本例ではX軸方向)に沿って、トランジスタ部70およびダイオード部80が交互に配置されている。本例の半導体装置100は逆導通型IGBT(RC-IGBT)である。

[0043] 図1においては、トランジスタ部70が配置される領域には記号「I」を付し、ダイオード部80が配置される領域には記号「F」を付している。本明細書では、上面視において配列方向と垂直な方向を延伸方向(図1ではY軸方向)と称する場合がある。トランジスタ部70およびダイオード部80は、それぞれ延伸方向に長手を有してよい。つまり、トランジスタ部70のY軸方向における長さは、X軸方向における幅よりも大きい。同様に、ダイオード部80のY軸方向における長さは、X軸方向における幅よりも大きい。トランジスタ部70およびダイオード部80の延伸方向と、各トレンチ部の長手方向とは同一であってよい。

[0044] ダイオード部80は、半導体基板10の下面と接する領域に、N+型のカソード領域を有する。本明細書では、カソード領域が設けられた領域を、ダイオード部80と称する。つまりダイオード部80は、上面視においてカソ

ード領域と重なる領域である。半導体基板10の下面においてカソード領域以外の領域には、P+型のコレクタ領域が設けられてよい。本明細書では、ダイオード部80を、後述するゲート配線までY軸方向に延長した延長領域81も、ダイオード部80に含める場合がある。延長領域81の下面には、コレクタ領域が設けられている。

[0045] トランジスタ部70は、半導体基板10の下面と接する領域に、P+型のコレクタ領域を有する。また、トランジスタ部70は、半導体基板10の上面側に、N型のエミッタ領域、P型のベース領域、ゲート導電部およびゲート絶縁膜を有するゲート構造が周期的に配置されている。

[0046] 半導体装置100は、半導体基板10の上方に1つ以上のパッドを有してよい。本例の半導体装置100は、ゲートパッド164を有している。半導体装置100は、アノードパッド、カソードパッドおよび電流検出パッド等のパッドを有してもよい。各パッドは、端辺162の近傍に配置されている。端辺162の近傍とは、上面視における端辺162と、エミッタ電極との間の領域を指す。半導体装置100の実装時において、各パッドは、ワイヤ等の配線を介して外部の回路に接続されてよい。

[0047] ゲートパッド164には、ゲート電位が印加される。ゲートパッド164は、活性部160のゲートトレンチ部の導電部に電氣的に接続される。半導体装置100は、ゲートパッド164とゲートトレンチ部とを接続するゲート配線を備える。図1においては、ゲート配線に斜線のハッチングを付している。

[0048] 本例のゲート配線は、外周ゲート配線130と、活性側ゲート配線131とを有している。外周ゲート配線130は、上面視において活性部160と半導体基板10の端辺162との間に配置されている。本例の外周ゲート配線130は、上面視において活性部160を囲んでいる。上面視において外周ゲート配線130に囲まれた領域を活性部160としてもよい。また、ゲート配線の下方には、ウェル領域が形成されている。ウェル領域とは、後述するベース領域よりも高濃度のP型領域であり、半導体基板10の上面から

ベース領域よりも深い位置まで形成されている。上面視においてウェル領域で囲まれる領域を活性部160としてもよい。

[0049] 外周ゲート配線130は、ゲートパッド164と接続されている。外周ゲート配線130は、半導体基板10の上方に配置されている。外周ゲート配線130は、アルミニウム等を含む金属配線であってよい。

[0050] 活性側ゲート配線131は、活性部160に設けられている。活性部160に活性側ゲート配線131を設けることで、半導体基板10の各領域について、ゲートパッド164からの配線長のバラツキを低減できる。

[0051] 外周ゲート配線130および活性側ゲート配線131は、活性部160のゲートトレンチ部と接続される。外周ゲート配線130および活性側ゲート配線131は、半導体基板10の上方に配置されている。外周ゲート配線130および活性側ゲート配線131は、不純物がドーピングされたポリシリコン等の半導体で形成された配線であってよい。

[0052] 活性側ゲート配線131は、外周ゲート配線130と接続されてよい。本例の活性側ゲート配線131は、活性部160を挟む一方の外周ゲート配線130から他方の外周ゲート配線130まで、活性部160をY軸方向の略中央で横切るように、X軸方向に延伸して設けられている。活性側ゲート配線131により活性部160が分割されている場合、それぞれの分割領域において、トランジスタ部70およびダイオード部80がX軸方向に交互に配置されてよい。

[0053] また、半導体装置100は、ポリシリコン等で形成されたPN接合ダイオードである不図示の温度センス部や、活性部160に設けられたトランジスタ部の動作を模擬する不図示の電流検出部を備えてもよい。

[0054] 本例の半導体装置100は、上面視において、活性部160と端辺162との間に、エッジ終端構造部90を備える。本例のエッジ終端構造部90は、外周ゲート配線130と端辺162との間に配置されている。エッジ終端構造部90は、半導体基板10の上面側の電界集中を緩和する。エッジ終端構造部90は、活性部160を囲んで環状に設けられたガードリング、フィ

ールドプレートおよびリサフのうちの少なくとも一つを備えてよい。

[0055] 図2は、図1における領域Dの拡大図である。領域Dは、トランジスタ部70、ダイオード部80、および、活性側ゲート配線131を含む領域である。図2に示すように、トランジスタ部70およびダイオード部80の間には、境界部72が設けられてもよい。本例の半導体装置100は、半導体基板10の上面側の内部に設けられたゲートトレンチ部40、ダミートレンチ部30、ウェル領域11、エミッタ領域12、ベース領域14およびコンタクト領域15を備える。ゲートトレンチ部40およびダミートレンチ部30は、それぞれがトレンチ部の一例である。また、本例の半導体装置100は、半導体基板10の上面の上方に設けられたエミッタ電極52および活性側ゲート配線131を備える。エミッタ電極52および活性側ゲート配線131は互いに分離して設けられる。

[0056] エミッタ電極52および活性側ゲート配線131と、半導体基板10の上面との間には層間絶縁膜が設けられるが、図2では省略している。本例の層間絶縁膜には、コンタクトホールが、当該層間絶縁膜を貫通して設けられる。コンタクトホールの内部には、エミッタ電極52等の導電部材が設けられてよい。

[0057] 本例の半導体基板10の上面には、トレンチコンタクト部55が設けられている。トレンチコンタクト部55は、半導体基板10の上面から所定の深さまで設けられた溝状の構造に、導電材料が充填された部材である。トレンチコンタクト部55の溝の内部には、例えばタングステン等の導電部材が充填されている。トレンチコンタクト部55の溝の内部において、当該導電部材と半導体基板10の間には、チタン膜および窒化チタン膜の少なくとも一方を含むバリアメタルが設けられてもよい。トレンチコンタクト部55は、延伸方向（Y軸方向）に延伸して設けられている。トレンチコンタクト部55は、上述した層間絶縁膜のコンタクトホールの下方に配置されている。エミッタ電極52は、層間絶縁膜のコンタクトホール、および、トレンチコンタクト部55を介して、半導体基板10と接続されてよい。図2において

は、それぞれのトレンチコンタクト部55に斜線のハッチングを付している。

[0058] エミッタ電極52は、ゲートトレンチ部40、ダミートレンチ部30、ウェル領域11、エミッタ領域12、ベース領域14およびコンタクト領域15の上方に設けられる。エミッタ電極52は、コンタクトホールおよびトレンチコンタクト部55を介して、半導体基板10の上面におけるウェル領域11、エミッタ領域12、コンタクト領域15、アノード領域17およびベース領域14の少なくとも一部と接触する。また、エミッタ電極52は、層間絶縁膜に設けられたコンタクトホールを通して、ダミートレンチ部30内のダミー導電部と接続される。エミッタ電極52は、Y軸方向におけるダミートレンチ部30の先端において、ダミートレンチ部30のダミー導電部と接続されてよい。

[0059] 活性側ゲート配線131は、層間絶縁膜に設けられたコンタクトホールを通して、ゲートトレンチ部40と接続する。活性側ゲート配線131は、Y軸方向におけるゲートトレンチ部40の先端部41において、ゲートトレンチ部40のゲート導電部と接続されてよい。活性側ゲート配線131は、ダミートレンチ部30内のダミー導電部とは接続されない。

[0060] エミッタ電極52は、金属を含む材料で形成される。図2においては、エミッタ電極52が設けられる範囲を示している。例えば、エミッタ電極52の少なくとも一部の領域はアルミニウムまたはアルミニウム-シリコン合金、例えばAlSi、AlSiCu等の金属合金で形成される。エミッタ電極52は、アルミニウム等で形成された領域の下層に、チタンやチタン化合物等で形成されたバリアメタルを有してよい。さらにコンタクトホール内において、バリアメタルとアルミニウム等に接するようにタングステン等を埋め込んで形成されたプラグを有してもよい。

[0061] ウェル領域11は、活性側ゲート配線131と重なって設けられている。ウェル領域11は、活性側ゲート配線131と重ならない範囲にも、所定の幅で延伸して設けられている。本例のウェル領域11は、コンタクトホール

のY軸方向の端から、活性側ゲート配線131側に離れて設けられている。ウェル領域11は、ベース領域14よりもドーピング濃度の高い第2導電型の領域である。本例のベース領域14はP型であり、ウェル領域11はP+型である。

[0062] トランジスタ部70、境界部72およびダイオード部80のそれぞれは、配列方向に配列された1つ以上のトレンチ部を有する。本例のトランジスタ部70には、配列方向に沿って1つ以上のゲートトレンチ部40と、1つ以上のダミートレンチ部30とが交互に設けられている。本例のダイオード部80には、複数のダミートレンチ部30が、配列方向に沿って設けられている。本例のダイオード部80には、ゲートトレンチ部40が設けられていない。本例の境界部72には、配列方向に沿って1つ以上のダミートレンチ部30が設けられている。境界部72には、ゲートトレンチ部40が更に設けられていてもよい。

[0063] 本例のゲートトレンチ部40は、配列方向と垂直な延伸方向に沿って延伸する2つの直線部分39（延伸方向に沿って直線状であるトレンチの部分）と、2つの直線部分39を接続する先端部41を有してよい。図2における延伸方向はY軸方向である。

[0064] 先端部41の少なくとも一部は、上面視において曲線状に設けられることが好ましい。2つの直線部分39のY軸方向における端部どうしを先端部41が接続することで、直線部分39の端部における電界集中を緩和できる。

[0065] トランジスタ部70において、ダミートレンチ部30はゲートトレンチ部40のそれぞれの直線部分39の間に設けられる。それぞれの直線部分39の間には、1本のダミートレンチ部30が設けられてよく、複数本のダミートレンチ部30が設けられていてもよい。ダミートレンチ部30は、延伸方向に延伸する直線形状を有してよく、ゲートトレンチ部40と同様に、直線部分29と先端部31とを有していてもよい。図2に示した半導体装置100は、先端部31を有さない直線形状のダミートレンチ部30と、先端部31を有するダミートレンチ部30の両方を含んでいる。

- [0066] ウェル領域 11 の拡散深さは、ゲートトレンチ部 40 およびダミートレンチ部 30 の深さよりも深くてもよい。ゲートトレンチ部 40 およびダミートレンチ部 30 の Y 軸方向の端部は、上面視においてウェル領域 11 に設けられる。つまり、各トレンチ部の Y 軸方向の端部において、各トレンチ部の深さ方向の底部は、ウェル領域 11 に覆われている。これにより、各トレンチ部の当該底部における電界集中を緩和できる。
- [0067] 配列方向において各トレンチ部の間には、メサ部が設けられている。メサ部は、半導体基板 10 の内部において、トレンチ部に挟まれた領域を指す。一例としてメサ部の上端は半導体基板 10 の上面である。メサ部の下端の深さ位置は、トレンチ部の下端の深さ位置と同一である。本例のメサ部は、半導体基板 10 の上面において、トレンチに沿って延伸方向（Y 軸方向）に延伸して設けられている。本例では、トランジスタ部 70 にはメサ部 60 が設けられ、ダイオード部 80 にはメサ部 61 が設けられ、境界部 72 にはメサ部 62 およびメサ部 63 が設けられている。メサ部 62 は、境界部 72 においてトランジスタ部 70 に最も近いメサ部であり、メサ部 63 は、境界部 72 においてダイオード部 80 に最も近いメサ部である。メサ部 62 およびメサ部 63 の間には、1 つ以上のメサ部 62 が更に設けられてよい。メサ部 62 およびメサ部 63 の間には、1 つ以上のメサ部 63 が更に設けられてよい。本明細書において単にメサ部と称した場合、メサ部 60、メサ部 61、メサ部 62 およびメサ部 63 のそれぞれを指している。
- [0068] それぞれのメサ部には、ベース領域 14 が設けられる。メサ部において半導体基板 10 の上面に露出したベース領域 14 のうち、活性側ゲート配線 131 に最も近く配置された領域をベース領域 14-e とする。図 2 においては、それぞれのメサ部の延伸方向における一方の端部に配置されたベース領域 14-e を示しているが、それぞれのメサ部の他方の端部にもベース領域 14-e が配置されている。それぞれのメサ部には、上面視においてベース領域 14-e に挟まれた領域に、第 1 導電型のエミッタ領域 12、第 2 導電型のコンタクト領域 15 および第 2 導電型のアノード領域 17 の少なくとも

いずれかが設けられてよい。本例のエミッタ領域 12 は N+型であり、コンタクト領域 15 は P+型であり、アノード領域 17 は P型である。エミッタ領域 12 およびコンタクト領域 15 は、深さ方向において、ベース領域 14 と半導体基板 10 の上面との間に設けられてよい。アノード領域 17 は、ベース領域 14 と同一の深さ範囲に設けられてよい。アノード領域 17 は、ベース領域 14 と同一のドーピング濃度であってよく、ベース領域 14 よりもドーピング濃度が低くてもよい。

[0069] トランジスタ部 70 のメサ部 60 は、半導体基板 10 の上面に露出したエミッタ領域 12 を有する。エミッタ領域 12 は、ゲートトレンチ部 40 に接して設けられている。ゲートトレンチ部 40 に接するメサ部 60 は、半導体基板 10 の上面に露出したコンタクト領域 15 が設けられていてよい。

[0070] メサ部 60 におけるコンタクト領域 15 およびエミッタ領域 12 のそれぞれは、X軸方向における一方のトレンチ部から、他方のトレンチ部まで設けられる。一例として、メサ部 60 のコンタクト領域 15 およびエミッタ領域 12 は、トレンチ部の延伸方向（Y軸方向）に沿って交互に配置されている。

[0071] 他の例においては、メサ部 60 のコンタクト領域 15 およびエミッタ領域 12 は、トレンチ部の延伸方向（Y軸方向）に沿ってストライプ状に設けられていてもよい。例えばトレンチ部に接する領域にエミッタ領域 12 が設けられ、エミッタ領域 12 に挟まれた領域にコンタクト領域 15 が設けられる。

[0072] ダイオード部 80 のメサ部 61 には、エミッタ領域 12 が設けられていない。メサ部 61 の上面には、ベース領域 14、アノード領域 17 およびコンタクト領域 15 が設けられてよい。メサ部 61 の上面においてベース領域 14-e に挟まれた領域には、それぞれのベース領域 14-e に接してコンタクト領域 15 が設けられてよい。メサ部 61 の上面においてコンタクト領域 15 に挟まれた領域には、アノード領域 17 が設けられてよい。アノード領域 17 は、コンタクト領域 15 に挟まれた領域全体に配置されてよい。

- [0073] 境界部 7 2 のメサ部 6 2 の上面には、コンタクト領域 1 5 が設けられてよい。本例では、メサ部 6 1 の上面においてベース領域 1 4 - e に挟まれた領域の全体がコンタクト領域 1 5 である。
- [0074] 境界部 7 2 のメサ部 6 3 には、エミッタ領域 1 2 が設けられていない。メサ部 6 3 の上面には、ベース領域 1 4、アノード領域 1 7 およびコンタクト領域 1 5 が設けられてよい。メサ部 6 3 の上面においてベース領域 1 4 - e に挟まれた領域には、それぞれのベース領域 1 4 - e に接してコンタクト領域 1 5 が設けられてよい。メサ部 6 3 の上面においてコンタクト領域 1 5 に挟まれた領域には、アノード領域 1 7 が設けられてよい。アノード領域 1 7 は、コンタクト領域 1 5 に挟まれた領域全体に配置されてよい。図 2 の例では、メサ部 6 1 およびメサ部 6 3 の構造は同一である。他の例では、メサ部 6 3 は、メサ部 6 1 とは異なる構造を有してもよい。
- [0075] それぞれのメサ部には、トレンチコンタクト部 5 5 が設けられている。トレンチコンタクト部 5 5 の上方の層間絶縁膜には、コンタクトホールが設けられる。トレンチコンタクト部 5 5 は、ベース領域 1 4 - e に挟まれた領域に配置されている。本例のトレンチコンタクト部 5 5 は、コンタクト領域 1 5、ベース領域 1 4、アノード領域 1 7 およびエミッタ領域 1 2 の各領域の上方に設けられる。トレンチコンタクト部 5 5 は、ベース領域 1 4 - e およびウェル領域 1 1 に対応する領域には設けられていない。トレンチコンタクト部 5 5 は、それぞれのメサ部の配列方向（X 軸方向）における中央に配置されてよい。
- [0076] ダイオード部 8 0 において、半導体基板 1 0 の下面と接する領域には、N + 型のカソード領域 8 2 が設けられる。半導体基板 1 0 の下面において、カソード領域 8 2 が設けられていない領域には、P + 型のコレクタ領域 2 2 が設けられてよい。トランジスタ部 7 0 および境界部 7 2 において、半導体基板 1 0 の下面と接する領域には、コレクタ領域 2 2 が設けられる。図 2 においては、カソード領域 8 2 およびコレクタ領域 2 2 の境界を点線で示している。

- [0077] カソード領域 8 2 は、Y 軸方向においてウェル領域 1 1 から離れて配置されている。これにより、比較的ドーピング濃度が高く、且つ、深い位置まで形成されている P 型の領域（ウェル領域 1 1）と、カソード領域 8 2 との距離を確保して、耐圧を向上できる。本例のカソード領域 8 2 の Y 軸方向における端部は、トレンチコンタクト部 5 5 の Y 軸方向における端部よりも、ウェル領域 1 1 から離れて配置されている。他の例では、カソード領域 8 2 の Y 軸方向における端部は、ウェル領域 1 1 とトレンチコンタクト部 5 5 との間に配置されていてもよい。
- [0078] 図 3 A は、図 2 における e - e 断面の一例を示す図である。e - e 断面は、エミッタ領域 1 2 およびカソード領域 8 2 を通過する X Z 面である。本例の半導体装置 1 0 0 は、当該断面において、半導体基板 1 0、層間絶縁膜 3 8、エミッタ電極 5 2 およびコレクタ電極 2 4 を有する。
- [0079] 層間絶縁膜 3 8 は、半導体基板 1 0 の上面に設けられている。層間絶縁膜 3 8 は、ホウ素またはリン等の不純物が添加されたシリケートガラス等の絶縁膜、熱酸化膜、および、その他の絶縁膜の少なくとも一層を含む膜である。層間絶縁膜 3 8 には、図 2 において説明したコンタクトホール 5 4 が設けられている。
- [0080] エミッタ電極 5 2 は、層間絶縁膜 3 8 の上方に設けられる。エミッタ電極 5 2 は、層間絶縁膜 3 8 のコンタクトホール 5 4 を通って半導体基板 1 0 と接続する。コンタクトホール 5 4 の内部には、層間絶縁膜 3 8 の上方のエミッタ電極 5 2 と同一の導電材料が充填されてよく、異なる導電材料が充填されてもよい。コレクタ電極 2 4 は、半導体基板 1 0 の下面 2 3 に設けられる。エミッタ電極 5 2 およびコレクタ電極 2 4 は、アルミニウム等の金属材料で形成されている。コンタクトホール 5 4 の内部には、タングステン等が充填されてよい。本明細書において、エミッタ電極 5 2 とコレクタ電極 2 4 とを結ぶ方向（Z 軸方向）を深さ方向と称する。
- [0081] 半導体基板 1 0 は、N 型または N - 型のドリフト領域 1 8 を有する。ドリフト領域 1 8 は、トランジスタ部 7 0、境界部 7 2 およびダイオード部 8 0

のそれぞれに設けられている。

- [0082] トランジスタ部70のメサ部60には、N+型のエミッタ領域12およびP型のベース領域14が、半導体基板10の上面21側から順番に設けられている。ベース領域14の下方にはドリフト領域18が設けられている。メサ部60には、N+型の蓄積領域16が設けられてもよい。蓄積領域16は、ベース領域14とドリフト領域18との間に配置される。
- [0083] エミッタ領域12は半導体基板10の上面21に露出しており、且つ、ゲートトレンチ部40と接して設けられている。エミッタ領域12は、メサ部60の両側のトレンチ部と接してよい。エミッタ領域12は、ドリフト領域18よりもドーピング濃度が高い。
- [0084] ベース領域14は、エミッタ領域12の下方に設けられている。本例のベース領域14は、エミッタ領域12と接して設けられている。ベース領域14は、メサ部60の両側のトレンチ部と接してよい。
- [0085] 蓄積領域16は、ベース領域14の下方に設けられている。蓄積領域16は、ドリフト領域18よりもドーピング濃度が高いN+型の領域である。すなわち蓄積領域16は、ドナー濃度がドリフト領域18よりも高い。ドリフト領域18とベース領域14との間に高濃度の蓄積領域16を設けることで、キャリア注入促進効果（IE効果）を高めて、オン電圧を低減できる。蓄積領域16は、各メサ部60におけるベース領域14の下面全体を覆うように設けられてよい。
- [0086] メサ部60には、深さ方向において2つ以上の蓄積領域16が設けられてよい。それぞれの蓄積領域16は、深さ方向においてドーピング濃度のピークを有する。2つの蓄積領域16の間には、深さ方向においてドーピング濃度の谷部を有する。つまりメサ部60は、ベース領域14からドリフト領域18に向かって、2つ以上のドーピング濃度ピークを有してよい。蓄積領域16とベース領域14との間にドリフト領域18が設けられてよく、蓄積領域16とベース領域14とが接していてもよい。境界部72およびダイオード部80には、蓄積領域16が設けられてよく、設けられていなくてもよい。

。本例では、境界部 72 およびダイオード部 80 のいずれにも蓄積領域 16 は設けられていない。

[0087] ダイオード部 80 のメサ部 61 には、半導体基板 10 の上面 21 に接して、P 型のアノード領域 17 が設けられている。アノード領域 17 の下方には、ドリフト領域 18 が設けられている。なお本明細書で説明するいずれのメサ部 61 の構造においても、アノード領域 17 は、ベース領域 14 と同一のドーピング濃度を有してよく、ベース領域 14 よりも低いドーピング濃度を有してもよい。アノード領域 17 を低濃度化することで、メサ部 61 における正孔注入を抑制し、逆回復損失を低減できる。

[0088] 境界部 72 のメサ部 62 には、半導体基板 10 の上面 21 に接して、P+ 型のコンタクト領域 15 が設けられている。コンタクト領域 15 とドリフト領域 18 の間にベース領域 14 またはアノード領域 17 が設けられてよく、コンタクト領域 15 とドリフト領域 18 とが接していてもよい。

[0089] 境界部 72 のメサ部 63 には、半導体基板 10 の上面 21 に接して P 型のアノード領域 17 が設けられている。アノード領域 17 の下方には、ドリフト領域 18 が設けられている。

[0090] トランジスタ部 70、境界部 72 およびダイオード部 80 のそれぞれにおいて、ドリフト領域 18 の下には N+ 型のバッファ領域 20 が設けられてよい。バッファ領域 20 のドーピング濃度は、ドリフト領域 18 のドーピング濃度よりも高い。バッファ領域 20 は、ドリフト領域 18 よりもドーピング濃度の高い濃度ピークを有してよい。濃度ピークのドーピング濃度とは、濃度ピークの頂点におけるドーピング濃度を指す。また、ドリフト領域 18 のドーピング濃度は、ドーピング濃度分布がほぼ平坦な領域におけるドーピング濃度の平均値を用いてよい。

[0091] バッファ領域 20 は、半導体基板 10 の深さ方向（Z 軸方向）において、2 つ以上の濃度ピークを有してよい。バッファ領域 20 の濃度ピークは、例えば水素（プロトン）またはリンの化学濃度ピークと同一の深さ位置に設けられていてよい。バッファ領域 20 は、ベース領域 14 の下端から広がる空

乏層が、P+型のコレクタ領域22およびN+型のカソード領域82に到達することを防ぐフィールドストップ層として機能してよい。

[0092] トランジスタ部70および境界部72において、バッファ領域20の下には、P+型のコレクタ領域22が設けられる。コレクタ領域22のドーピング濃度は、ベース領域14のドーピング濃度より高い。コレクタ領域22は、ベース領域14と同一のアクセプタを含んでよく、異なるアクセプタを含んでもよい。コレクタ領域22のアクセプタは、例えばボロンである。

[0093] ダイオード部80において、バッファ領域20の下には、N+型のカソード領域82が設けられる。カソード領域82のドーピング濃度は、ドリフト領域18のドーピング濃度より高い。カソード領域82のドナーは、例えば水素またはリンである。なお、各領域のドナーおよびアクセプタとなる元素は、上述した例に限定されない。コレクタ領域22およびカソード領域82は、半導体基板10の下面23に露出しており、コレクタ電極24と接続している。コレクタ電極24は、半導体基板10の下面23全体と接触してよい。エミッタ電極52およびコレクタ電極24は、アルミニウム等の金属材料で形成される。なおダイオード部80において、カソード領域82の一部をP型の領域に置き換えてもよい。当該P型領域は、カソード領域82に挟まれて配置されている。当該P型領域は、Y軸方向においてカソード領域82に挟まれていてよい。

[0094] 半導体基板10の上面21側には、1以上のゲートトレンチ部40、および、1以上のダミートレンチ部30が設けられる。各トレンチ部は、半導体基板10の上面21から、ベース領域14を貫通して、ベース領域14の下方まで設けられている。エミッタ領域12、コンタクト領域15および蓄積領域16の少なくともいずれかが設けられている領域においては、各トレンチ部はこれらのドーピング領域も貫通している。トレンチ部がドーピング領域を貫通するとは、ドーピング領域を形成してからトレンチ部を形成する順序で製造したものに限定されない。トレンチ部を形成した後に、トレンチ部の間にドーピング領域を形成したのも、トレンチ部がドーピング領域を貫

通しているものに含まれる。

- [0095] 上述したように、トランジスタ部70には、ゲートトレンチ部40およびダミートレンチ部30が設けられている。境界部72には、ダミートレンチ部30が設けられている。境界部72には、ゲートトレンチ部40が更に設けられていてもよい。ダイオード部80には、ダミートレンチ部30が設けられ、ゲートトレンチ部40が設けられていない。
- [0096] なお、コレクタ領域22およびカソード領域82との境界を、境界部72とダイオード部80とのX軸方向における境界としてよい。境界部72が設けられていない場合、コレクタ領域22およびカソード領域82との境界を、トランジスタ部70とダイオード部80とのX軸方向における境界としてよい。また、エミッタ領域12と接触するトレンチ部のうち、最もダイオード部80に近いトレンチ部を、トランジスタ部70と境界部72との境界としてよい。
- [0097] ゲートトレンチ部40は、半導体基板10の上面21に設けられたゲートトレンチ、ゲート絶縁膜42およびゲート導電部44を有する。ゲート絶縁膜42は、ゲートトレンチの内壁を覆って設けられる。ゲート絶縁膜42は、ゲートトレンチの内壁の半導体を酸化または窒化して形成してよい。ゲート導電部44は、ゲートトレンチの内部においてゲート絶縁膜42よりも内側に設けられる。つまりゲート絶縁膜42は、ゲート導電部44と半導体基板10とを絶縁する。ゲート導電部44は、ポリシリコン等の導電材料で形成される。
- [0098] ゲート導電部44は、深さ方向において、ベース領域14よりも長く設けられてよい。当該断面におけるゲートトレンチ部40は、半導体基板10の上面21において層間絶縁膜38により覆われる。ゲート導電部44は、ゲート配線に電氣的に接続されている。ゲート導電部44に所定のゲート電圧が印加されると、ベース領域14のうちゲートトレンチ部40に接する界面の表層に電子の反転層によるチャンネルが形成される。
- [0099] ダミートレンチ部30は、当該断面において、ゲートトレンチ部40と同

一の構造を有してよい。ダミートレンチ部30は、半導体基板10の上面21に設けられたダミートレンチ、ダミー絶縁膜32およびダミー導電部34を有する。ダミー導電部34は、エミッタ電極52に電氣的に接続されている。ダミー絶縁膜32は、ダミートレンチの内壁を覆って設けられる。ダミー導電部34は、ダミートレンチの内部に設けられ、且つ、ダミー絶縁膜32よりも内側に設けられる。ダミー絶縁膜32は、ダミー導電部34と半導体基板10とを絶縁する。ダミー導電部34は、ゲート導電部44と同一の材料で形成されてよい。例えばダミー導電部34は、ポリシリコン等の導電材料で形成される。ダミー導電部34は、深さ方向においてゲート導電部44と同一の長さを有してよい。

[0100] 本例のゲートトレンチ部40およびダミートレンチ部30は、半導体基板10の上面21において層間絶縁膜38により覆われている。なお、ダミートレンチ部30およびゲートトレンチ部40の底部は、下側に凸の曲面状（断面においては曲線状）であってよい。

[0101] トランジスタ部70の少なくとも一つのメサ部60には、トレンチコンタクト部55および第2導電型の第1底部領域201が設けられている。全てのメサ部60にトレンチコンタクト部55および第1底部領域201が設けられてよい。図3Aに示す断面においてトレンチコンタクト部55は、半導体基板10の上面21から下面23に向かって、深さ方向に設けられている。本例のトレンチコンタクト部55は、エミッタ領域12の下端よりも浅く形成されている。他の例のトレンチコンタクト部55は、エミッタ領域12の下端と同一の深さまで設けられてよく、エミッタ領域12の下端より深く形成されてもよい。

[0102] トレンチコンタクト部55には、タングステン等の金属によるプラグ56が埋め込まれてよい。トレンチコンタクト部55にプラグ56が埋め込まれている場合に、プラグ56の上面58を、トレンチコンタクト部55の上面58としてよい。プラグ56の上面58は、半導体基板10の上面21よりもエミッタ電極52側（つまり上側）に位置してよい。プラグ56の上面5

8が上面21よりもエミッタ電極52側に位置する場合に、トレンチコンタクト部55は、プラグ56の上面58から、半導体基板10の上面21よりも下面23側まで設けられてよい。すなわち、トレンチコンタクト部55の上面58は、層間絶縁膜38の上面よりも上面21側に位置してよく、上面21よりもエミッタ電極52側に位置してよい。あるいは、トレンチコンタクト部55の上面58は、層間絶縁膜38の上面と同じ深さ位置まで設けられてよい。

[0103] 本例の第1底部領域201は、ベース領域14よりもドーピング濃度が高いP+型の領域である。第1底部領域201は、トレンチコンタクト部55の底部と接して設けられている。第1底部領域201は、ベース領域14と接続する。第1底部領域201の少なくとも一部の領域は、エミッタ領域12よりも下方に設けられている。第1底部領域201は、トレンチコンタクト部55に沿って、Y軸方向に延伸して設けられている。第1底部領域201は、図2に示したコンタクト領域15と接続している。本例によれば、トランジスタ部70がターンオフしたときに下面23側からエミッタ領域12に向かう正孔を、第1底部領域201を介してコンタクト領域15またはトレンチコンタクト部55に流すことができる。これにより正孔が通過する経路の抵抗を下げることができ、ラッチアップを抑制できる。

[0104] ダイオード部80の少なくとも一つのメサ部61には、トレンチコンタクト部55および第2導電型の第2底部領域202が設けられている。全てのメサ部61にトレンチコンタクト部55および第2底部領域202が設けられてよい。ダイオード部80のトレンチコンタクト部55は、トランジスタ部70のトレンチコンタクト部55と同一の構造を有してよい。ダイオード部80のトレンチコンタクト部55の下端は、アノード領域17の内部に配置されてよい。

[0105] 本例の第2底部領域202は、アノード領域17およびベース領域14よりもドーピング濃度が高いP+型の領域である。第2底部領域202は、トレンチコンタクト部55の底部と接して設けられている。第2底部領域20

2は、アノード領域17の内部に設けられてよい。つまり第2底部領域202は、ドリフト領域18と接していなくてよい。第2底部領域202は、トレンチコンタクト部55に沿って、Y軸方向に延伸して設けられている。第2底部領域202を設けることで、エミッタ電極52と半導体基板10との接触抵抗を低減できる。

[0106] なお、第1底部領域201のY軸方向の長さは、第2底部領域202のY軸方向の長さよりも大きい。第2底部領域202を小さくすることで、メサ部61において上面21側からの正孔の注入量を低減できる。このため、ダイオード部80の逆回復時間を短くし、逆回復損失を低減できる。

[0107] 境界部72のメサ部62には、トレンチコンタクト部55が設けられている。境界部72のメサ部62は、境界部72において最もトランジスタ部70側に設けられてよい。メサ部62のトレンチコンタクト部55は、トランジスタ部70のトレンチコンタクト部55と同一の構造を有してよい。メサ部62のトレンチコンタクト部55の下端は、コンタクト領域15の内部に配置される。メサ部62のトレンチコンタクト部55の下端には、コンタクト領域15よりもドーピング濃度の高いP型の底部領域が設けられていない。他の例では、メサ部62のトレンチコンタクト部55の下端に、コンタクト領域15よりもドーピング濃度の高いP型の底部領域204が設けられてもよい。図3Aにおいては、底部領域204が設けられた場合の位置を点線で示す。コンタクト領域15のドーピング濃度は、メサ部62における上面21でのドーピング濃度を用いてよい。

[0108] 境界部72のメサ部63には、トレンチコンタクト部55および第2導電型の第3底部領域203が設けられている。境界部72のメサ部63は、境界部72のメサ部62よりもダイオード部80側に設けられてよい。全てのメサ部63にトレンチコンタクト部55および第3底部領域203が設けられてよい。メサ部63のトレンチコンタクト部55は、トランジスタ部70のトレンチコンタクト部55と同一の構造を有してよい。メサ部63のトレンチコンタクト部55の下端は、アノード領域17の内部に配置されてよい。

- 。
- [0109] 本例の第3底部領域203は、アノード領域17およびベース領域14よりもドーピング濃度が高いP+型の領域である。第3底部領域203は、トレンチコンタクト部55の底部と接して設けられている。第3底部領域203は、アノード領域17の内部に設けられてよい。つまり第3底部領域203は、ドリフト領域18と接していなくてよい。第3底部領域203は、トレンチコンタクト部55に沿って、Y軸方向に延伸して設けられている。第3底部領域203を設けることで、エミッタ電極52と半導体基板10との接触抵抗を低減できる。
- [0110] なお、第1底部領域201のY軸方向の長さは、第3底部領域203のY軸方向の長さよりも大きい。第3底部領域203を小さくすることで、ダイオード部80の近傍に配置されたメサ部63において上面21側からの正孔の注入量を低減できる。このため、ダイオード部80の逆回復時間を短くし、逆回復損失を低減できる。第3底部領域203のドーピング濃度、領域の大きさ、形状およびY軸上における位置は、第2底部領域202と同一であってよい。
- [0111] 図3A等においては、境界部72はメサ部62およびメサ部63を一つずつ有している。他の例では、境界部72はメサ部62とダイオード部80との間に、複数のメサ部63を有してよい。また境界部72は、メサ部63とトランジスタ部70との間に、複数のメサ部62を有してよい。境界部72を設けることで、トランジスタ部70とダイオード部80との距離を確保して、例えばメサ部60とカソード領域82との間で電流が流れることを抑制できる。
- [0112] 図3Bは、e-e断面の他の例を示す図である。本例においては、トレンチコンタクト部55が図3Aの例よりも深くまで形成されている。他の構造は図3Aに示した半導体装置100と同様であってよい。
- [0113] メサ部60において、トレンチコンタクト部55は、エミッタ領域12よりも深くまで形成されている。つまりトレンチコンタクト部55はエミッタ

領域 1 2 を貫通しており、トレンチコンタクト部 5 5 の下端は、エミッタ領域 1 2 の下端よりも下方に配置されている。メサ部 6 0 のトレンチコンタクト部 5 5 の下端は、ベース領域 1 4 と同じ深さに配置されてよい。

[0114] 他のメサ部のトレンチコンタクト部 5 5 も、メサ部 6 0 と同一の構造を有してよい。この場合、メサ部 6 1 のトレンチコンタクト部 5 5 の下端は、アノード領域 1 7 と同じ深さに配置されてよい。メサ部 6 2 のトレンチコンタクト部 5 5 の下端は、コンタクト領域 1 5 と同じ深さに配置されてよく、コンタクト領域 1 5 の下のベース領域 1 4 と同じ深さに配置されてもよい。メサ部 6 3 のトレンチコンタクト部 5 5 の下端は、アノード領域 1 7 と同じ深さに配置されてよい。

[0115] また、他のメサ部のトレンチコンタクト部 5 5 は、図 3 A に示した構造を有してもよい。つまり、他のメサ部のトレンチコンタクト部 5 5 は、メサ部 6 0 のトレンチコンタクト部 5 5 よりも浅く形成されてもよい。

[0116] 図 3 A の例と同様に、それぞれのトレンチコンタクト部 5 5 の底部には、底部領域 (2 0 1、2 0 2、2 0 3 または 2 0 4) が形成されてよい。底部領域 2 0 1 は、エミッタ領域 1 2 と離れていてよく、エミッタ領域 1 2 と接していてもよい。底部領域 2 0 1 の下端は、ベース領域 1 4 と同じ深さに配置されてよい。底部領域 2 0 2 および底部領域 2 0 3 の下端は、アノード領域 1 7 と同じ深さに配置されてよい。底部領域 2 0 4 の下端は、コンタクト領域 1 5 と同じ深さに配置されてよく、ベース領域 1 4 と同じ深さに配置されてもよい。

[0117] 図 4 A は、トランジスタ部 7 0 のメサ部 6 0 の一例を示す斜視断面図である。図 4 A に示すメサ部 6 0 を、メサ部 6 0 - 1 と称する場合がある。図 4 A は、メサ部 6 0 - 1 の X Z 断面および上面 (X Y 面) と、トレンチ部の側面 (X Y 面) を示している。

[0118] X Z 断面におけるメサ部 6 0 - 1 の構造は、図 3 A に示したメサ部 6 0 と同様である。上面におけるメサ部 6 0 - 1 の構造は、図 2 に示したメサ部 6 0 と同様である。メサ部 6 0 - 1 の上面には、エミッタ領域 1 2 およびコン

タクト領域15がY軸方向に沿って交互に配置されている。また、メサ部60-1のX軸方向の中央には、トレンチコンタクト部55が設けられている。なお図4Aでは、トレンチコンタクト部55の内部の金属を省略して、トレンチコンタクト部55の溝構造を示している。

[0119] 上述したように、第1底部領域201は、トレンチコンタクト部55の底面に沿ってY軸方向に延伸して設けられている。図4Aにおいては、第1底部領域201に斜線のハッチングを付している。第1底部領域201のY軸方向における長さL1は、トレンチコンタクト部55のY軸方向における長さと同じであってよい。第1底部領域201の長さL1は、Y軸方向に沿って連続して設けられた第1底部領域201の長さである。

[0120] 第1底部領域201は、トレンチコンタクト部55の溝構造を形成した後に、当該溝構造からアクセプタイオンを注入し、半導体基板10を熱処理することで形成してよい。熱処理によりアクセプタイオンが拡散するので、第1底部領域201の長さL1は、トレンチコンタクト部55のY軸方向における長さよりわずかに大きくてもよい。長さL1と、トレンチコンタクト部55の長さの差は10 μ m以下であってよく、5 μ m以下であってもよい。なお長さL1は、トレンチコンタクト部55の長さより小さくてもよい。コンタクトホール54の溝構造の一部、またはトレンチコンタクト部55の溝構造の一部をマスクしてアクセプタイオンを注入することで、トレンチコンタクト部55よりも短い第1底部領域201を形成できる。

[0121] 第1底部領域201の長さL1は、最も近くに配置されたトレンチ部（ゲートトレンチ部40またはダミートレンチ部30）のY軸方向の長さより小さくてもよい。第1底部領域201は、図2に示したウェル領域11とは離れていてよい。

[0122] 第1底部領域201のX軸方向の幅は、トレンチコンタクト部55の底面の幅と同じであってよく、トレンチコンタクト部55の底面の幅よりも大きくてもよい。トレンチコンタクト部55の底面とは、トレンチコンタクト部55のうち最も下面23側に形成された面であってよい。本例の第1底部領

域 201 の X 軸方向の幅は、トレンチコンタクト部 55 の底面の幅よりも大きい。第 1 底部領域 201 の X 軸方向の幅は、メサ部 60 の X 軸方向の幅よりも小さい。第 1 底部領域 201 は、トレンチ部とは離れて設けられる。

[0123] 第 1 底部領域 201 は、トレンチコンタクト部 55 の底面の全体に露出してよい。第 1 底部領域 201 は、トレンチコンタクト部 55 の溝構造の側面の一部にも露出してよい。

[0124] 図 4 B は、トランジスタ部 70 のメサ部 60-1 の他の例を示す斜視断面図である。本例の XZ 断面におけるメサ部 60-1 の構造は、図 3 B に示したメサ部 60 と同様である。上面におけるメサ部 60-1 の構造は、図 2 に示したメサ部 60 と同様である。つまり本例のメサ部 60-1 は、トレンチコンタクト部 55 がエミッタ領域 12 を貫通している点で、図 4 A に示したメサ部 60-1 と相違する。トレンチコンタクト部 55 が深く形成されることに伴い、底部領域 201 も図 4 A の例よりも深い位置に設けられている。他の構造は、図 4 A の例と同様である。

[0125] 図 5 は、ダイオード部 80 のメサ部 61 の一例を示す斜視断面図である。図 5 に示すメサ部 61 を、メサ部 61-1 と称する場合がある。図 5 は、メサ部 61-1 の XZ 断面および上面 (XY 面) と、トレンチ部の側面 (XY 面) を示している。

[0126] XZ 断面におけるメサ部 61-1 の構造は、図 3 A に示したメサ部 61 と同様である。上面におけるメサ部 61-1 の構造は、図 2 に示したメサ部 61 と同様である。メサ部 61-1 の上面には、アノード領域 17 およびトレンチコンタクト部 55 が配置されている。トレンチコンタクト部 55 の構造は、図 4 A のトレンチコンタクト部 55 と同様である。

[0127] 上述したように、第 2 底部領域 202 は、トレンチコンタクト部 55 の底面に露出している。第 2 底部領域 202 は、トレンチコンタクト部 55 の溝構造の側面の一部にも露出してよい。図 5 においては、第 2 底部領域 202 に斜線のハッチングを付している。第 2 底部領域 202 の Y 軸方向における長さ L2 は、トレンチコンタクト部 55 の Y 軸方向における長さより小さい

。本例のメサ部61-1においては、複数の第2底部領域202がY軸方向に沿って離散的に配置されている。複数の第2底部領域202は、Y軸方向において一定の間隔で配置されてよい。第2底部領域202の長さL2は、Y軸方向に沿って連続して設けられた一つの第2底部領域202の長さである。メサ部61-1のトレンチコンタクト部55は、図4Bに示したトレンチコンタクト部55と同様に、より深くまで形成されてもよい。

[0128] 図4Aまたは図4Bに示した第1底部領域201の長さL1は、第2底部領域202の長さL2よりも大きい。これにより、トランジスタ部70においてはラッチアップを抑制しつつ、ダイオード部80における正孔の注入を抑制できる。また、ダイオード部80に第2底部領域202を設けることで、ダイオード部80におけるエミッタ電極52とアノード領域17との間のコンタクト性を向上できる。

[0129] 長さL1は、長さL2の2倍以上であってよく、5倍以上であってよく、10倍以上であってよい。一つのメサ部60における1つ以上の第1底部領域201の長さL1の総和（第1の総和と称する）は、一つのメサ部61における複数の第2底部領域202の長さL2の総和（第2の総和と称する）より大きい。第1の総和は、第2の総和の1.5倍以上であってよく、2倍以上であってよく、3倍以上であってよい。一つのメサ部60における1つ以上の第1底部領域201の上面視における総面積（第1の総面積）は、一つのメサ部61における複数の第2底部領域202の上面視における総面積（第2の総面積と称する）より大きい。第1の総面積は、第2の総面積の1.5倍以上であってよく、2倍以上であってよく、3倍以上であってよい。

[0130] 第2底部領域202は、第1底部領域201と同様の方法で形成してよい。ただし第2底部領域202を形成する場合、トレンチコンタクト部55に対して選択的にアクセプタイオンを注入する。第2底部領域202は、図2に示したウェル領域11とは離れていてよい。

[0131] 第2底部領域202のX軸方向の幅は、トレンチコンタクト部55の幅と

同一であってよく、トレンチコンタクト部55の幅よりも大きくてもよい。第2底部領域202のX軸方向の幅は、メサ部61のX軸方向の幅よりも小さい。第2底部領域202は、トレンチ部とは離れて設けられる。

[0132] 第2底部領域202のX軸方向の幅は、第1底部領域201のX軸方向の幅と同一であってよく、異なってもよい。第2底部領域202のX軸方向の幅は、第1底部領域201のX軸方向の幅より小さくてよい。この場合、ダイオード部80における正孔注入を更に抑制できる。

[0133] 第2底部領域202のドーピング濃度は、第1底部領域201のドーピング濃度と同一であってよく、異なってもよい。第2底部領域202のドーピング濃度は、第1底部領域201のドーピング濃度より低くてよい。この場合、ダイオード部80における正孔注入を更に抑制できる。

[0134] なお、境界部72のメサ部63は、ダイオード部80のメサ部61と同一の構造を有してよい。例えばメサ部63は、メサ部61における第2底部領域202に代えて、第3底部領域203を有する。他の構造は、メサ部61と同様である。

[0135] 第3底部領域203の形状、大きさおよび配置は、第2底部領域202と同一であってよい。つまり第1底部領域201のY軸方向における長さL1は、第3底部領域203のY軸延伸方向における長さよりも大きい。また、第2底部領域202のY軸方向における長さL2は、第3底部領域203のY軸方向における長さと同じであってよい。他の例では、第2底部領域202は、第3底部領域203より長くてよく、短くてよい。第3底部領域203のドーピング濃度は、第2底部領域202のドーピング濃度と同じであってよく、異なってもよい。

[0136] また、少なくとも一つのメサ部62には、第3底部領域203が設けられていなくてもよい。例えばダイオード部80に最も近いメサ部62には、第3底部領域203が設けられていなくてもよい。メサ部62の下方にはカソード領域82が設けられておらずダイオード部80として機能しないので、メサ部62とエミッタ電極52とのコンタクト性は低くてよい。また、第

3底部領域203を省略することで、ダイオード部80の近傍における正孔注入量を抑制できる。

[0137] 図6は、境界部72のメサ部62の一例を示す斜視断面図である。図6は、メサ部62のXZ断面および上面(XY面)と、トレンチ部の側面(XY面)を示している。XZ断面におけるメサ部62の構造は、図3Aに示したメサ部62と同様である。上面におけるメサ部62の構造は、図2に示したメサ部62と同様である。メサ部62の上面には、コンタクト領域15およびトレンチコンタクト部55が配置されている。トレンチコンタクト部55の構造は、図4Aのトレンチコンタクト部55と同様である。メサ部62のトレンチコンタクト部55の底面および側面には、コンタクト領域15が露出している。メサ部62のトレンチコンタクト部55の底面に底部領域204が設けられる場合には、メサ部62のトレンチコンタクト部55の底面および側面には底部領域204が露出する。メサ部62のトレンチコンタクト部55は、図4Bに示したトレンチコンタクト部55と同様に、より深くまで形成されてもよい。

[0138] 図7Aは、図3Aに示したa-a線におけるYZ断面の一例を示す。図7Aは、トランジスタ部70のメサ部60の断面を示す。当該断面は、トレンチコンタクト部55を通過する。図7Aでは、当該断面に投影したエミッタ領域12およびコンタクト領域15を破線で示している。

[0139] コンタクト領域15およびエミッタ領域12は、Y軸方向において交互に配置される。コンタクト領域15およびエミッタ領域12は、半導体基板10の上面21から所定の深さまで形成されている。コンタクト領域15は、エミッタ領域12よりも下方まで形成されてよい。

[0140] 第1底部領域201は、Y軸方向において離れた配置された2つのコンタクト領域15を接続する。第1底部領域201は、当該メサ部60に設けられた全てのコンタクト領域15を接続してよい。

[0141] 半導体装置100の製造方法の一例として、半導体基板10の上面21にエミッタ領域12およびコンタクト領域15を形成してから、トレンチコン

タクト部55の溝構造を形成してよい。溝構造を形成する場合、エミッタ領域12およびコンタクト領域15の一部が除去される。溝構造は、コンタクト領域15の下端よりも浅く形成されることが好ましい。つまり溝構造の下方には、コンタクト領域15が残存している。溝構造は、エミッタ領域12の下端より浅く形成されてよく、エミッタ領域12の下端より深く形成されてもよい。図7Aの例では、トレンチコンタクト部55の溝構造は、エミッタ領域12の下端よりも浅い。つまり溝構造の底面210の下方には、エミッタ領域12が残存している。

[0142] 次に当該溝構造の底面210からアクセプタイオンを注入して第1底部領域201を形成する。このとき、底面210の下方のエミッタ領域12をP型の領域に反転できるドーピング濃度でアクセプタイオンを注入する。図7Aにおいて破線で示されたエミッタ領域12の底部は、アクセプタイオンを注入する前のエミッタ領域12の底部に相当する。コンタクト領域15が形成されている領域にもアクセプタイオンを注入してよい。つまり第1底部領域201は、コンタクト領域15と重なって形成されてよい。第1底部領域201とコンタクト領域15とが重なる部分は、それぞれの領域のドーピング濃度が重畳されるので、元のコンタクト領域15のドーピング濃度よりも高くなる。本明細書では、コンタクト領域15と第1底部領域201とが重なっている部分も第1底部領域201とする。第1底部領域201は、Y軸方向に沿って、ドーピング濃度が比較的に高い部分と、ドーピング濃度が比較的に低い部分とが交互に配置されてよい。本例の第1底部領域201では、コンタクト領域15と重なる部分のドーピング濃度は、エミッタ領域12と重なる部分のドーピング濃度よりも高くなる。

[0143] 第1底部領域201は、エミッタ領域12よりも深い位置に形成された部分を有してよい。第1底部領域201は、少なくとも一部分が、コンタクト領域15の下端19よりも上面21側に設けられている。図7Aの例では、第1底部領域201の全体が、コンタクト領域15の下端19よりも上方に配置されている。コンタクト領域15を下方に突出させることで、エミッタ

領域 12 に引き寄せられた正孔をコンタクト領域 15 を介して引き抜きやすくなる。

[0144] 本例によれば、ドリフト領域 18 からエミッタ領域 12 に向かう正孔キャリアを、第 1 底部領域 201 を介してコンタクト領域 15 またはトレンチコンタクト部 55 に流すことができる。このため、トランジスタ部 70 のラッチアップを抑制できる。

[0145] 図 7 B は、図 3 A に示した a-a 線における YZ 断面の他の例を示す。本例のメサ部 60-1 は、トレンチコンタクト部 55 がエミッタ領域 12 を貫通している点で、図 7 A に示したメサ部 60-1 と相違する。つまり、トレンチコンタクト部 55 の底面 210 は、エミッタ領域 12 の下端よりも深く形成されている。トレンチコンタクト部 55 が深く形成されることに伴い、底部領域 201 も図 7 A の例よりも深い位置に設けられている。他の構造は、図 7 A の例と同様である。本例の底部領域 201 も、Y 軸方向において隣り合う 2 つのコンタクト領域 15 を接続する。底部領域 201 は、Z 軸方向においてエミッタ領域 12 と離れていてよく、接触していてもよい。

[0146] 図 8 は、図 3 A に示した b-b 線における YZ 断面の一例を示す。図 8 は、ダイオード部 80 のメサ部 61 の断面を示す。当該断面は、トレンチコンタクト部 55 を通過する。図 8 では、当該断面に投影したアノード領域 17 を破線で示している。

[0147] 第 2 底部領域 202 は、Y 軸方向に沿って離散的に配置されている。第 2 底部領域 202 は、トレンチコンタクト部 55 の底面 210 から、所定の深さまで形成されている。第 2 底部領域 202 は、アノード領域 17 の下端よりも浅く形成されてよい。

[0148] 半導体装置 100 の製造方法の一例として、半導体基板 10 の上面 21 にアノード領域 17 を形成してから、トレンチコンタクト部 55 の溝構造を形成してよい。次に当該溝構造の底面 210 からアクセプタイオンを注入して第 2 底部領域 202 を形成する。第 1 底部領域 201 および第 2 底部領域 202 は、同一の工程で形成されてよい。第 1 底部領域 201 および第 2 底部

領域 202 の単位面積あたりのドーズ量は同一であってよい。

[0149] 本例によれば、エミッタ電極 52 とアノード領域 17 とのコンタクト性を確保しつつ、第 2 底部領域 202 からの正孔注入を抑制できる。これによりダイオード部 80 の逆回復損失を低減できる。メサ部 61 のトレンチコンタクト部 55 は、図 7 B に示したトレンチコンタクト部 55 と同様に、より深くまで形成されてもよい。

[0150] 図 9 は、図 3 A に示した c-c 線における YZ 断面の一例を示す。図 9 は、境界部 72 のメサ部 62 の断面を示す。当該断面は、トレンチコンタクト部 55 を通過する。図 9 では、当該断面に投影したコンタクト領域 15 を破線で示している。上述したように、メサ部 62 においては、トレンチコンタクト部 55 の底部には、コンタクト領域 15 よりも高濃度の底部領域が形成されていない。なお、メサ部 62 のトレンチコンタクト部 55 の底面に底部領域 204 が設けられる場合について、底部領域 204 を点線で示している。メサ部 62 のトレンチコンタクト部 55 は、図 7 B に示したトレンチコンタクト部 55 と同様に、より深くまで形成されてもよい。

[0151] 図 10 A は、メサ部 60 のトレンチコンタクト部 55 の近傍における XZ 断面を示す。図 10 A においては、トレンチコンタクト部 55 の内部の導電材料を省略し、溝構造を示している。

[0152] トレンチコンタクト部 55 の下端（底面 210）は、エミッタ領域 12 の下端 25 よりも半導体基板 10 の上面 21 側に配置されてよい。他の例では、トレンチコンタクト部 55 の底面 210 はエミッタ領域 12 の下端 25 と同一の深さ位置であってよく、下端 25 よりも下面 23 側に配置されてもよい。

[0153] 第 1 底部領域 201 の下端 27 は、エミッタ領域 12 の下端 25 よりも下面 23 側に配置されている。第 1 底部領域 201 の下端 27 は、ベース領域 14 の内部に配置されてよい。第 1 底部領域 201 は、トレンチコンタクト部 55 の底面 210 よりも上面 21 側に配置された部分 220 を有してよい。

[0154] 図10Bは、メサ部60のトレンチコンタクト部55の近傍におけるXZ断面の他の例を示す。本例のメサ部60は、トレンチコンタクト部55がエミッタ領域12を貫通している点で、図10Aに示したメサ部60と相違する。つまり、トレンチコンタクト部55の底面210は、エミッタ領域12の下端25よりも深く形成されている。トレンチコンタクト部55が深く形成されることに伴い、底部領域201も図10Aの例よりも深い位置に設けられている。他の構造は、図10Aの例と同様である。底部領域201は、Z軸方向においてエミッタ領域12と離れていてよく、接触していてもよい。

[0155] 図11は、トランジスタ部70のメサ部60の他の例を示す図である。図11に示すメサ部60をメサ部60-2と称する。本例のメサ部60-2は、第1底部領域201の構造がメサ部60-1と相違する。他の点は、メサ部60-1と同様である。

[0156] メサ部60-2は、Y軸方向に沿って離散的に配置された複数の第1底部領域201を有する。本例の第1底部領域201は、Y軸方向において隣り合う2つのコンタクト領域15の間に配置されてよい。トレンチコンタクト部55の底面において隣り合う2つの第1底部領域201の間には、コンタクト領域15が露出してよい。メサ部60-2のトレンチコンタクト部55は、図4Bに示したトレンチコンタクト部55と同様に、エミッタ領域12を貫通していてもよい。

[0157] 図12は、メサ部60-2のYZ断面を示す図である。本例の第1底部領域201は、Y軸方向において隣り合う2つのコンタクト領域15を接続している。第1底部領域201は、コンタクト領域15と重なる部分を有してよく、有していなくてもよい。メサ部60-2のトレンチコンタクト部55は、図7Bに示したトレンチコンタクト部55と同様に、エミッタ領域12を貫通していてもよい。

[0158] 図13は、図7Aのf-f線におけるドーピング濃度分布の一例を示す図である。f-f線は、メサ部60-1のコンタクト領域15および第1底部

領域201を通過する線である。半導体基板10の上面21の深さ方向における位置をZ21、トレンチコンタクト部55の底面210の深さ方向における位置をZ210とする。図13において上面21の位置Z21から位置Z210までにおいては、図7Aの断面に投影したコンタクト領域15のドーピング濃度分布を示している。図13において位置Z210より深い位置のドーピング濃度分布は、トレンチコンタクト部55の下方の分布である。

[0159] 第1底部領域201のドーピング濃度 $D1$ ($/\text{cm}^3$)は、コンタクト領域15のドーピング濃度 $D2$ ($/\text{cm}^3$)よりも高くてもよい。第1底部領域201のドーピング濃度 $D1$ は、位置Z210からN型の領域(例えば蓄積領域16またはドリフト領域18)までの間のP型領域におけるドーピング濃度の最大値を用いてもよい。位置Z210におけるドーピング濃度を第1底部領域201のドーピング濃度 $D1$ としてもよい。

[0160] 位置Z21から位置Z210までのP型領域におけるドーピング濃度の最大値を、コンタクト領域15のドーピング濃度 $D2$ としてもよい。位置Z21におけるドーピング濃度を、コンタクト領域15のドーピング濃度 $D2$ としてもよい。ドーピング濃度 $D1$ は、ドーピング濃度 $D2$ の2倍以上であってよく、5倍以上であってよく、10倍以上であってよく、ドーピング濃度 $D1$ を大きくすることでラッチアップを抑制しやすくなる。

[0161] 第1底部領域201は、ドーピング濃度の深さ方向における第1濃度ピーク251を有してもよい。なお第1濃度ピーク251の頂点が位置Z210に配置されている場合、第1濃度ピーク251は、頂点から下面23側に向かうスロープを有し、頂点から上面21側に向かうスロープを有さない。

[0162] コンタクト領域15は、ドーピング濃度の深さ方向における第2濃度ピーク252を有してもよい。なお第2濃度ピーク252の頂点が位置Z21に配置されている場合、第2濃度ピーク252は、頂点から下面23側に向かうスロープを有し、頂点から上面21側に向かうスロープを有さない。

[0163] 第1濃度ピーク251の半値半幅 $HWHM1$ は、第2濃度ピーク252の半値半幅 $HWHM2$ よりも小さくてもよい。半値半幅 $HWHM1$ は、半値半幅

HWHM 2の半分以下であってよく、 $1/4$ 以下であってよく、 $1/10$ 以下であってよい。これにより、第1底部領域201を形成するためのアクセプタイオンのドーピング量を多くせずに、第1濃度ピーク251のドーピング濃度D1を高くできる。第1濃度ピーク251の半値半幅HWHM1は、第1底部領域201を形成するためにアクセプタイオンを注入した後の熱処理の温度または時間で制御できる。図13においては第1底部領域201のドーピング濃度分布を説明したが、第2底部領域202および第3底部領域203も、第1底部領域201と同様のドーピング濃度分布を有してよい。

[0164] 図14は、各メサ部におけるトレンチコンタクト部55の構造例を示す図である。本例においては、メサ部60、メサ部61およびメサ部63におけるトレンチコンタクト部55-1、トレンチコンタクト部55-2およびトレンチコンタクト部55-3は、それぞれ深さが異なる。メサ部62におけるトレンチコンタクト部55は、メサ部61におけるトレンチコンタクト部55-2と同一の構造を有してよい。

[0165] メサ部60のトレンチコンタクト部55-1のX軸方向の幅をW1、Z軸方向の深さをZ1とする。メサ部61のトレンチコンタクト部55-2のX軸方向の幅をW2、Z軸方向の深さをZ2とする。メサ部63のトレンチコンタクト部55-3のX軸方向の幅をW3、Z軸方向の深さをZ3とする。本例では、幅W1、幅W2および幅W3は同一である。一方で、深さZ2は深さZ1よりも大きい。つまりトレンチコンタクト部55-2は、コンタクト部55-1よりも下方まで設けられている。深さZ2を深さZ1よりも大きくすることで、トレンチコンタクト部55-2の底面210-2の幅を、トレンチコンタクト部55-1の底面210-1の幅よりも小さくできる。このため、トレンチコンタクト部55-2の底部に設けられた第2底部領域202のX軸方向の幅を、トレンチコンタクト部55-1の底部に設けられた第1底部領域201のX軸方向の幅よりも小さくして、メサ部61における正孔の注入を抑制できる。

[0166] また、深さZ3は深さZ2よりも大きくてよい。つまりトレンチコンタクト

ト部55-3は、コンタクト部55-2よりも下方まで設けられている。深さZ3を深さZ2よりも大きくすることで、トレンチコンタクト部55-3の底面210-3のX軸方向の幅を、トレンチコンタクト部55-2の底面210-2のX軸方向の幅よりも小さくできる。このため、トレンチコンタクト部55-3の底部に設けられた第3底部領域203を、トレンチコンタクト部55-2の底部に設けられた第2底部領域202よりも小さくして、メサ部63における正孔の注入を抑制できる。深さZ3は、深さZ2の1.1倍以上であってよく、1.2倍以上であってよく、1.5倍以上であってよい。深さZ2は、深さZ1の1.1倍以上であってよく、1.2倍以上であってよく、1.5倍以上であってよい。メサ部60のトレンチコンタクト部55は、図4Bに示したトレンチコンタクト部55と同様に、エミッタ領域12を貫通していてもよい。

[0167] 図15は、各メサ部におけるトレンチコンタクト部55の構造例を示す図である。本例においては、メサ部60、メサ部61およびメサ部63におけるトレンチコンタクト部55-1、トレンチコンタクト部55-2およびトレンチコンタクト部55-3は、それぞれX軸方向の幅が異なる。メサ部62におけるトレンチコンタクト部55は、メサ部61におけるトレンチコンタクト部55-2と同一の構造を有してよい。

[0168] メサ部60のトレンチコンタクト部55-1のX軸方向の幅をW1、メサ部61のトレンチコンタクト部55-2のX軸方向の幅をW2、メサ部63のトレンチコンタクト部55-3のX軸方向の幅をW3とする。それぞれのトレンチコンタクト部55-1の幅は、半導体基板10の上面21における幅である。なお、それぞれのトレンチコンタクト部55の深さは同一であってよい。それぞれのトレンチコンタクト部55の深さは異なってもよい。それぞれのトレンチコンタクト部55は、図14に示した深さを有していてもよい。

[0169] 幅W2は幅W1よりも小さい。幅W2を幅W1よりも小さくすることで、トレンチコンタクト部55-2の底面210-2の幅を、トレンチコンタクト

ト部55-1の底面210-1の幅よりも小さくできる。このため、トレンチコンタクト部55-2の底部に設けられた第2底部領域202のX軸方向の幅を、トレンチコンタクト部55-1の底部に設けられた第1底部領域201のX軸方向の幅よりも小さくして、メサ部61における正孔の注入を抑制できる。

[0170] また、幅W3は幅W2よりも小さくてよい。幅W3を幅W2よりも小さくすることで、トレンチコンタクト部55-3の底面210-3の幅を、トレンチコンタクト部55-2の底面210-2の幅よりも小さくできる。このため、トレンチコンタクト部55-3の底部に設けられた第3底部領域203のX軸方向の幅を、トレンチコンタクト部55-2の底部に設けられた第2底部領域202のX軸方向の幅よりも小さくして、メサ部63における正孔の注入を抑制できる。幅W1は幅W2の1.1倍以上であってよく、1.2倍以上であってよく、1.5倍以上であってよい。幅W2は幅W3の1.1倍以上であってよく、1.2倍以上であってよく、1.5倍以上であってよい。メサ部60のトレンチコンタクト部55は、図4Bに示したトレンチコンタクト部55と同様に、エミッタ領域12を貫通していてもよい。

[0171] 図16Aは、トランジスタ部70のメサ部60の他の例を示す図である。図16Aに示すメサ部60をメサ部60-3と称する。本例のメサ部60-3は、コンタクト領域15に代えてベース領域14を有する点で、図4Aに示したメサ部60-1と相違する。他の点は、図4Aに示したメサ部60-1と同様である。本例によっても、第1底部領域201およびトレンチコンタクト部55を介して正孔を引き抜くことができるので、トランジスタ部70のラッチアップを抑制できる。

[0172] 図16Bは、メサ部60-3の他の例を示す図である。本例のメサ部60-3は、コンタクト領域15に代えてベース領域14を有する点で、図4Bに示したメサ部60-1と相違する。他の点は、図4Bに示したメサ部60-1と同様である。本例によっても、第1底部領域201およびトレンチコンタクト部55を介して正孔を引き抜くことができるので、トランジスタ部

70のラッチアップを抑制できる。

[0173] 図17は、ダイオード部80のメサ部61の他の例を示す図である。図17に示すメサ部61をメサ部61-2と称する。本例のメサ部61-2は、連続して形成された1つの第2底部領域202を有する点で、メサ部61-1と相違する。他の点は、メサ部61-1と同様である。第2底部領域202の長さL2は、第1底部領域201の長さL1より短くてよい。他の例では、第2底部領域202の長さL2は、第1底部領域201の長さL1と同一であってもよい。

[0174] また、第2底部領域202のドーピング濃度は、第1底部領域201のドーピング濃度より低くてよい。この場合、長さL2が長さL1と同一であっても、メサ部61-2の正孔注入量を抑制できる。他の例では、第2底部領域202のドーピング濃度は、第1底部領域201のドーピング濃度と同一であってもよい。メサ部61-2のトレンチコンタクト部55は、図4Bに示したトレンチコンタクト部55と同様に、より深くまで形成されてもよい。

[0175] 図18は、ダイオード部80のメサ部61の他の例を示す図である。図18に示すメサ部61をメサ部61-3と称する。本例のメサ部61-3は、上面21において、Y軸方向に沿ってエミッタ領域12とアノード領域17とが交互に露出する点で、メサ部61-1またはメサ部61-2と相違する。他の点は、メサ部61-1またはメサ部61-2と同様である。

[0176] トランジスタ部70は、図1から図18において説明したいずれの構成のメサ部60を有してもよい。ダイオード部80は、図1から図18において説明したいずれの構成のメサ部61を有してもよい。トランジスタ部70およびダイオード部80は、上述したメサ部60およびメサ部61の任意の組み合わせを有してよい。メサ部61-3のトレンチコンタクト部55は、図4Bに示したトレンチコンタクト部55と同様に、より深くまで形成されてもよい。

[0177] 図19は、半導体装置100におけるメサ部の組み合わせの一例を示す図

である。本例のトランジスタ部70は、メサ部60-1を有する。ダイオード部80は、メサ部61-1を有する。メサ部63の構造は、メサ部61-1と同様である。

[0178] 図20は、半導体装置100におけるメサ部の組み合わせの他の例を示す図である。本例のトランジスタ部70は、メサ部60-2を有する。ダイオード部80は、メサ部61-1を有する。メサ部63の構造は、メサ部61-1と同様である。

[0179] 図21は、半導体装置100におけるメサ部の組み合わせの他の例を示す図である。本例のトランジスタ部70は、メサ部60-1を有する。ダイオード部80は、メサ部61-2を有する。メサ部63の構造は、メサ部61-2と同様である。

[0180] 図22は、半導体装置100におけるメサ部の組み合わせの他の例を示す図である。本例のトランジスタ部70は、メサ部60-3を有する。ダイオード部80は、メサ部61-2を有する。メサ部63の構造は、メサ部61-2と同様である。

[0181] 図23は、半導体装置100におけるメサ部の組み合わせの他の例を示す図である。本例のトランジスタ部70は、メサ部60-3を有する。ダイオード部80は、メサ部61-3を有する。メサ部63の構造は、メサ部61-3と同様である。

[0182] 図24は、半導体装置100におけるメサ部の組み合わせの他の例を示す図である。本例のトランジスタ部70は、メサ部60-3を有する。ダイオード部80は、メサ部61-3を有する。メサ部63の構造は、メサ部61-2と同様である。

[0183] 図25は、半導体装置100におけるメサ部の組み合わせの他の例を示す図である。本例のトランジスタ部70は、メサ部60-3を有する。ダイオード部80は、メサ部61-2を有する。メサ部63の構造は、メサ部61-3と同様である。なお半導体装置100におけるメサ部の組み合わせは、図19から図25の例に限定されない。

- [0184] 図26は、半導体装置100の他の構成例を示すe-e断面である。本例の半導体装置100は、境界部72およびダイオード部80の構造が、図1から図25において説明した半導体装置100と異なる。他の構造は、図1から図25において説明したいずれかの半導体装置100と同様である。
- [0185] 本例のダイオード部80は、トレンチコンタクト部55および第2底部領域202を有さない。他の構造は、図1から図25において説明したいずれかのダイオード部80と同様である。本例の境界部72は、トレンチコンタクト部55および第3底部領域203を有さない。他の構造は、図1から図25において説明したいずれかの境界部72と同様である。本例のトレンチコンタクト部55は、図3Bに示したトレンチコンタクト部55と同様に、より深くまで形成されてもよい。
- [0186] 図27は、半導体装置100の他の構成例を示すe-e断面である。本例の半導体装置100は、境界部72およびダイオード部80を備えない。他の点は、図1から図25において説明したいずれかの半導体装置100と同様である。本例のトレンチコンタクト部55は、図3Bに示したトレンチコンタクト部55と同様に、より深くまで形成されてもよい。
- [0187] 図26および図27の例におけるトランジスタ部70は、図13において説明したドーピング濃度分布を有する。コンタクト領域15よりも高濃度の第1底部領域201を設けることで、ラッチアップを抑制しやすくなる。第1濃度ピーク251の半値半幅HWHM1は、第2濃度ピーク252の半値半幅HWHM2よりも小さくてよい。
- [0188] 図28は、半導体装置100の他の構成例を示す上面図である。本例の各メサ部には、トレンチコンタクト部55および底部領域が設けられていない。他の構造は、図1から図27において説明したいずれかの例と同様である。
- [0189] 図28の例では、メサ部60は、上面21においてエミッタ領域12およびコンタクト領域15がY軸方向に沿って交互に配置されている。メサ部61およびメサ部63は、上面21においてアノード領域17が設けられてい

る。アノード領域 17 は、ベース領域 14 よりもドーピング濃度が低くてよく、ベース領域 14 とドーピング濃度が同じでもよい。メサ部 63 は、上面 21 においてコンタクト領域 15 が設けられている。

[0190] 図 29 は、半導体装置 100 の他の構成例を示す上面図である。本例では、メサ部 61 およびメサ部 63 の構造が、図 28 の例と異なる。他の点は、図 28 の例と同様である。メサ部 61 およびメサ部 63 には、Y 軸方向に沿ってエミッタ領域 12 とコンタクト領域 15 とが交互に配置されている。

[0191] 図 30 は、半導体装置 100 の他の構成例を示す上面図である。本例では、メサ部 61 の構造が、図 28 の例と異なる。他の点は、図 28 の例と同様である。メサ部 61 には、Y 軸方向に沿ってエミッタ領域 12 とコンタクト領域 15 とが交互に配置されている。

[0192] 図 31 は、半導体装置 100 の他の構成例を示す上面図である。本例では、メサ部 61 およびメサ部 63 の構造が、図 28 の例と異なる。他の点は、図 28 の例と同様である。メサ部 61 およびメサ部 63 には、Y 軸方向に沿ってアノード領域 17 とコンタクト領域 15 とが交互に配置されている。

[0193] 図 32 は、半導体装置 100 の他の構成例を示す上面図である。本例では、メサ部 61 の構造が、図 28 の例と異なる。他の点は、図 28 の例と同様である。メサ部 61 には、Y 軸方向に沿ってアノード領域 17 とコンタクト領域 15 とが交互に配置されている。

[0194] 図 33 は、半導体装置 100 の他の構成例を示す図である。図 1 から図 32 において説明した半導体装置 100 はメサ部 62 を有しているが、本例の半導体装置 100 はメサ部 62 を有さない。本例の半導体装置 100 は、メサ部 62 に代えてメサ部 63 を有してよい。境界部 72 は、トランジスタ部 70 とダイオード部 80 との間に、1 つ以上のメサ部 63 を連続して有してよい。メサ部 62 を有さない点を除き、本例の半導体装置 100 の構造は、図 1 から図 32 において説明したいずれかの態様の半導体装置 100 と同様である。図 33 では、一例として図 2 に示した構造において、メサ部 62 を有さない例を示している。

- [0195] 図34は、図33におけるe-e断面の一例を示す図である。本例の半導体装置100は、メサ部62に代えてメサ部63を有する点で、図4Aに示した半導体装置100と相違する。他の構造は、図4Aに示した半導体装置100と同様である。
- [0196] 図35Aは、半導体装置100の他の構成例を示す図である。本例の半導体装置100は、図1から図34において説明したいずれかの半導体装置100の構成に対して、トレンチ底部領域260を更に備える。トレンチ底部領域260は、図1から図34において説明したいずれの態様の半導体装置100に適用してもよい。図35Aにおいては、図3Aに示した半導体装置100の構成に、トレンチ底部領域260を追加した例を示している。
- [0197] トレンチ底部領域260は、トレンチ部の下端と接して設けられたP型の領域である。トレンチ底部領域260のドーピング濃度は、ベース領域14のドーピング濃度以下であってよい。本例のトレンチ底部領域260のドーピング濃度は、ベース領域14のドーピング濃度よりも低い。
- [0198] トレンチ底部領域260は、X軸方向において2つ以上のトレンチ部の下端と接するように、連続して設けられている。つまりトレンチ底部領域260は、トレンチ部の間のメサ部を覆うように設けられている。トレンチ底部領域260は、複数のメサ部を覆ってよい。
- [0199] トレンチ底部領域260は、それぞれのトランジスタ部70において、2つ以上のトレンチ部の下端と接してよい。また、トレンチ底部領域260は、それぞれのトランジスタ部70において2つ以上のゲートトレンチ部40の下端と接していてもよい。トレンチ底部領域260は、少なくとも一つのトランジスタ部70において、全てのトレンチ部の下端と接していてもよい。またトレンチ底部領域260は、少なくとも一つのトランジスタ部70において、全てのゲートトレンチ部40の下端と接していてもよい。
- [0200] トレンチ底部領域260は、それぞれのダイオード部80において、2つ以上のトレンチ部の下端と接してよい。トレンチ底部領域260は、少なくとも一つのダイオード部80において、全てのトレンチ部の下端と接し

ていてもよい。

- [0201] トレンチ底部領域 260 は、境界部 72 において、2 つ以上のトレンチ部の下端と接してよい。トレンチ底部領域 260 は、境界部 72 の全てのトレンチ部の下端と接していてもよい。図 35 A の例では、トレンチ底部領域 260 は、半導体装置 100 の全てのメサ部に設けられている。
- [0202] トレンチ底部領域 260 は、半導体基板 10 の上面 21 側に配置された上面側 P 型領域（つまり、ベース領域 14、アノード領域 17 またはコンタクト領域 15）と、ドリフト領域 18 との間に配置されている。トレンチ底部領域 260 は、上面側 P 型領域とは離れて配置されてよい。トレンチ底部領域 260 と上面側 P 型領域との間には、N 型の領域（本例では蓄積領域 16 およびドリフト領域 18 の少なくとも一方）が設けられている。
- [0203] トレンチ底部領域 260 は、Y 軸方向に延伸して設けられている。トレンチ底部領域 260 の Y 軸方向の長さは、トレンチ部の Y 軸方向の長さより短い。また、トレンチ底部領域 260 の Y 軸方向の長さは、トレンチ部の Y 軸方向の長さの 50% 以上であってよく、70% 以上であってよく、90% 以上であってよい。
- [0204] トレンチ底部領域 260 を設けることで、半導体装置 100 がターンオンした時の、トレンチ部の下端近傍における電位上昇を抑制できる。このため、ターンオン時におけるエミッタコレクタ間電圧の波形の傾き (dv/dt) を小さくでき、スイッチング時の電圧または電流波形のノイズを低減できる。
- [0205] なおトレンチ底部領域 260 の電位は、エミッタ電極 52 の電位とは異なる。上述したように、トレンチ底部領域 260 は、エミッタ電極 52 と接続されるベース領域 14 とは、Z 軸方向において離れて配置されている。またトレンチ底部領域 260 は、エミッタ電極 52 と接続されるウェル領域 11 とは、上面視において離れて配置されている。ウェル領域 11 とトレンチ底部領域 260 との間には、ドリフト領域 18 等の N 型の領域が設けられてよい。本例のトレンチ底部領域 260 は、ウェル領域 11 よりもドーピング濃

度の低いP型の領域である。

[0206] 図35Bは、図35Aにおけるa-a断面およびa'-a'断面のドーピング濃度分布の一例を示す図である。図35Bにおける横軸は、半導体基板10の上面21を基準位置(0 μ m)としたZ軸方向における位置を示している。図35Bにおいては、a-a断面のドーピング濃度分布を実線で示し、a'-a'断面のドーピング濃度分布を点線で示す。a-a断面のトレンチコンタクト55の底面付近には、第1底部領域201とベース領域14が設けられている。a'-a'断面の半導体基板10の上面21付近には、エミッタ領域12とベース領域14が設けられている。本例の蓄積領域16は、ドーピング濃度分布にピーク261を2つ有する。トレンチ底部領域260のドーピング濃度分布は、ピーク262を有してよい。トレンチ底部領域260のドーピング濃度のピーク値P2は、蓄積領域16のドーピング濃度の2つのピーク値うち最小値P1よりも小さくてよい。トレンチ底部領域260のドーピング濃度のピーク値P2は、蓄積領域16のドーピング濃度の2つのピーク間における極小値M1よりも小さくてよい。あるいは、本例の蓄積領域16は、ドーピング濃度分布の2つのピーク261およびピーク262の間に極小値M1ではなくキック形状を有してもよい。

[0207] 図36は、図7Aに示したメサ部60の構造に、トレンチ底部領域260を追加した例を示している。トレンチ底部領域260は、Y軸方向に延伸している。トレンチ底部領域260は、Y軸方向において第1底部領域201より広い範囲に設けられてよく、第1底部領域201と同一の範囲に設けられてよく、第1底部領域201より狭い範囲に設けられてもよい。

[0208] 図37は、図8に示したメサ部61の構造に、トレンチ底部領域260を追加した例を示している。トレンチ底部領域260は、Y軸方向に延伸している。メサ部61におけるトレンチ底部領域260は、メサ部60におけるトレンチ底部領域260と同一の構造を有してよい。他の例では、トレンチ底部領域260は、第1底部領域201と同様に、Y軸方向において離散的に配置されていてもよい。トレンチ底部領域260の少なくとも一部は、上

面視において第1底部領域201と重なってよい。トレンチ底部領域260の少なくとも一部は、上面視において第1底部領域201と重なってなくてもよい。

[0209] 図38は、図9に示したメサ部62の構造に、トレンチ底部領域260を追加した例を示している。トレンチ底部領域260は、Y軸方向に延伸している。メサ部62におけるトレンチ底部領域260は、メサ部60におけるトレンチ底部領域260と同一の構造を有してよい。

[0210] 図39は、半導体装置100の他の構成例を示す図である。本例の半導体装置100は、図35Aに示した半導体装置100に対して、トレンチ底部領域260が設けられる範囲が異なる。他の構造は図35Aの例と同様である。本例のトレンチ底部領域260も、図1から図34において説明したいずれの形態の半導体装置100に適用してもよい。

[0211] 本例のトレンチ底部領域260は、トランジスタ部70の少なくとも一部の領域に設けられる。図39の例では、トレンチ底部領域260は、X軸方向においてトランジスタ部70の全体に渡って設けられている。

[0212] トレンチ底部領域260は、境界部72の少なくとも一部に設けられてよい。本例のトレンチ底部領域260は、境界部72のメサ部のうち、トランジスタ部70に最も近いメサ部の少なくとも一部に設けられている。トレンチ底部領域260は、トランジスタ部70から、境界部72の途中まで延伸してよい。

[0213] トレンチ底部領域260は、ダイオード部80の少なくとも一部に設けられてよく、設けられていなくてもよい。本例では、ダイオード部80にはトレンチ底部領域260が設けられていない。図39におけるa-a断面は、図36に示した例と同様である。図39におけるb-b断面およびc-c断面は、図1から図34において説明したいずれかの例と同様である。

[0214] 以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変更または改良を加えることが可能であることが当業者に明らかである。その

様な変更または改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、請求の範囲の記載から明らかである。

[0215] 請求の範囲、明細書、および図面中において示した装置、システム、プログラム、および方法における動作、手順、ステップ、および段階等の各処理の実行順序は、特段「より前に」、「先立って」等と明示しておらず、また、前の処理の出力を後の処理で用いるのでない限り、任意の順序で実現しうることに留意すべきである。請求の範囲、明細書、および図面中の動作フローに関して、便宜上「まず、」、「次に、」等を用いて説明したとしても、この順で実施することが必須であることを意味するものではない。

符号の説明

[0216] 10・・・半導体基板、11・・・ウェル領域、12・・・エミッタ領域、14・・・ベース領域、15・・・コンタクト領域、16・・・蓄積領域、17・・・アノード領域、18・・・ドリフト領域、19・・・下端、20・・・バッファ領域、21・・・上面、22・・・コレクタ領域、23・・・下面、24・・・コレクタ電極、25・・・下端、27・・・下端、29・・・直線部分、30・・・ダミートレンチ部、31・・・先端部、32・・・ダミー絶縁膜、34・・・ダミー導電部、38・・・層間絶縁膜、39・・・直線部分、40・・・ゲートレンチ部、41・・・先端部、42・・・ゲート絶縁膜、44・・・ゲート導電部、52・・・エミッタ電極、54・・・コンタクトホール、55・・・トレンチコンタクト部、56・・・プラグ、58・・・上面、60、61、62、63・・・メサ部、70・・・トランジスタ部、72・・・境界部、80・・・ダイオード部、81・・・延長領域、82・・・カソード領域、90・・・エッジ終端構造部、100・・・半導体装置、130・・・外周ゲート配線、131・・・活性側ゲート配線、160・・・活性部、162・・・端辺、164・・・ゲートパッド、201・・・第1底部領域、202・・・第2底部領域、203・・・第3底部領域、204・・・底部領域、210・・・底面、220・・・部分、251・・・第1濃度ピーク、252・・・第2濃度ピーク、260

・・・トレンチ底部領域、261、262・・・ピーク

請求の範囲

- [請求項1] 上面および下面を有し、第1導電型のドリフト領域が設けられた半導体基板と、
前記半導体基板に設けられたトランジスタ部と、
前記半導体基板に設けられたダイオード部と
を備え、
前記トランジスタ部および前記ダイオード部のそれぞれは、前記半導体基板の前記上面から前記半導体基板の深さ方向に設けられ、且つ、前記半導体基板の前記上面において延伸方向に延伸した1つ以上のトレンチコンタクト部を有し、
前記トランジスタ部は、いずれかの前記トレンチコンタクト部の底部と接して設けられた第2導電型の第1底部領域を有し、
前記ダイオード部は、いずれかの前記トレンチコンタクト部の底部と接して設けられた第2導電型の第2底部領域を有し、
前記第1底部領域の前記延伸方向における長さが、前記第2底部領域の前記延伸方向における長さよりも大きい
半導体装置。
- [請求項2] 前記ダイオード部において、複数の前記第2底部領域が前記延伸方向に沿って離散的に配置されている
請求項1に記載の半導体装置。
- [請求項3] 前記トランジスタ部および前記ダイオード部の間に設けられ、1つ以上の前記トレンチコンタクト部を含む境界部を更に備え、
前記境界部は、いずれかの前記トレンチコンタクト部の底部と接して設けられた第2導電型の第3底部領域を有し、
前記第1底部領域の前記延伸方向における長さが、前記第3底部領域の前記延伸方向における長さよりも大きい
請求項1または2に記載の半導体装置。
- [請求項4] 前記第2底部領域の前記延伸方向における長さとして、前記第3底部領域

域の前記延伸方向における長さとは同一である

請求項3に記載の半導体装置。

[請求項5]

前記トランジスタ部は、

前記半導体基板の前記上面と接して設けられ、前記ドリフト領域よりもドーピング濃度の高い第1導電型のエミッタ領域と、

前記エミッタ領域と前記ドリフト領域との間に設けられた第2導電型のベース領域と、

前記半導体基板の前記上面と接して設けられ、前記ベース領域と接続され、前記ベース領域よりもドーピング濃度の高い第2導電型のコンタクト領域と、

前記エミッタ領域および前記ベース領域に接し、前記上面から前記下面に向かって設けられるゲートトレンチ部と、を備え、

前記延伸方向は前記ゲートトレンチ部が延伸する長手方向である

を有する請求項1から4のいずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項6]

前記コンタクト領域は、前記延伸方向において前記エミッタ領域と交互に配置され、

前記第1底部領域は、前記延伸方向において離れて配置された2つの前記コンタクト領域を接続する

請求項5に記載の半導体装置。

[請求項7]

前記第1底部領域の一部の領域は、前記コンタクト領域の下端よりも前記半導体基板の前記上面側に設けられている

請求項6に記載の半導体装置。

[請求項8]

前記第1底部領域のドーピング濃度が、前記コンタクト領域のドーピング濃度よりも高い

請求項7に記載の半導体装置。

[請求項9]

前記第1底部領域は、ドーピング濃度の深さ方向における第1濃度ピークを有し、

前記コンタクト領域は、ドーピング濃度の深さ方向における第2濃

度ピークを有し、

前記第1濃度ピークの半値半幅が、前記第2濃度ピークの半値半幅よりも小さい

請求項8に記載の半導体装置。

[請求項10] 前記トレンチコンタクト部の下端は、前記エミッタ領域の下端よりも前記半導体基板の前記上面側に配置されている

請求項5から9のいずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項11] 前記ダイオード部の前記トレンチコンタクト部は、前記トランジスタ部の前記トレンチコンタクト部よりも下方まで設けられている

請求項1から10のいずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項12] 前記ダイオード部の前記トレンチコンタクト部は、前記トランジスタ部の前記トレンチコンタクト部よりも、前記半導体基板の前記上面における幅が小さい

請求項1から10のいずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項13] 前記境界部の前記トレンチコンタクト部は、前記ダイオード部の前記トレンチコンタクト部および前記トランジスタ部の前記トレンチコンタクト部のいずれよりも下方まで設けられている

請求項3または4に記載の半導体装置。

[請求項14] 前記境界部の前記トレンチコンタクト部は、前記ダイオード部の前記トレンチコンタクト部および前記トランジスタ部の前記トレンチコンタクト部のいずれよりも、前記半導体基板の前記上面における幅が小さい

請求項3または4に記載の半導体装置。

[請求項15] 前記ダイオード部は、前記ドリフト領域と前記半導体基板の前記上面との間に設けられた、第2導電型のアノード領域を有し、

前記アノード領域のドーピング濃度が、前記ベース領域のドーピング濃度よりも低い

請求項5から10のいずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項16] 前記トランジスタ部は、前記ベース領域と前記ドリフト領域との間において前記深さ方向に複数設けられた、前記ドリフト領域よりもドーピング濃度の高い蓄積領域を更に有する

請求項5から10のいずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項17] 上面および下面を有し、第1導電型のドリフト領域が設けられた半導体基板と、

前記半導体基板に設けられたトランジスタ部と、

を備え、

前記トランジスタ部は、

前記半導体基板の前記上面から前記半導体基板の深さ方向に設けられた1つ以上のトレンチコンタクト部と、

いずれかの前記トレンチコンタクト部の底部と接して設けられた第2導電型の第1底部領域と、

前記半導体基板の前記上面と接して設けられ、前記ドリフト領域よりもドーピング濃度の高い第1導電型のエミッタ領域と、

前記エミッタ領域と前記ドリフト領域との間に設けられた第2導電型のベース領域と、

前記半導体基板の前記上面と接して設けられ、前記ベース領域と接続され、前記ベース領域よりもドーピング濃度の高い第2導電型のコンタクト領域と

を有し、

前記第1底部領域のドーピング濃度が、前記コンタクト領域のドーピング濃度よりも高い

半導体装置。

[請求項18] 前記第1底部領域は、ドーピング濃度の深さ方向における第1濃度ピークを有し、

前記コンタクト領域は、ドーピング濃度の深さ方向における第2濃度ピークを有し、

前記第1濃度ピークの半値半幅が、前記第2濃度ピークの半値半幅よりも小さい

請求項17に記載の半導体装置。

補正された請求の範囲
[2023年2月27日(27.02.2023)国際事務局受理]

- [請求項1] 上面および下面を有し、第1導電型のドリフト領域が設けられた半導体基板と、
前記半導体基板に設けられたトランジスタ部と、
前記半導体基板に設けられたダイオード部と
を備え、
前記トランジスタ部および前記ダイオード部のそれぞれは、前記半導体基板の前記上面から前記半導体基板の深さ方向に設けられ、且つ、前記半導体基板の前記上面において延伸方向に延伸した1つ以上のトレンチコンタクト部を有し、
前記トランジスタ部は、いずれかの前記トレンチコンタクト部の底部と接して設けられた第2導電型の第1底部領域を有し、
前記ダイオード部は、いずれかの前記トレンチコンタクト部の底部と接して設けられた第2導電型の第2底部領域を有し、
前記第1底部領域の前記延伸方向における長さが、前記第2底部領域の前記延伸方向における長さよりも大きい
半導体装置。
- [請求項2] 前記ダイオード部において、複数の前記第2底部領域が前記延伸方向に沿って離散的に配置されている
請求項1に記載の半導体装置。
- [請求項3] 前記トランジスタ部および前記ダイオード部の間に設けられ、1つ以上の前記トレンチコンタクト部を含む境界部を更に備え、
前記境界部は、いずれかの前記トレンチコンタクト部の底部と接して設けられた第2導電型の第3底部領域を有し、
前記第1底部領域の前記延伸方向における長さが、前記第3底部領域の前記延伸方向における長さよりも大きい
請求項1または2に記載の半導体装置。

- [請求項4] 前記第2底部領域の前記延伸方向における長さ、前記第3底部領域の前記延伸方向における長さ、とが同一である
請求項3に記載の半導体装置。
- [請求項5] 前記トランジスタ部は、
前記半導体基板の前記上面と接して設けられ、前記ドリフト領域よりもドーピング濃度の高い第1導電型のエミッタ領域と、
前記エミッタ領域と前記ドリフト領域との間に設けられた第2導電型のベース領域と、
前記半導体基板の前記上面と接して設けられ、前記ベース領域と接続され、前記ベース領域よりもドーピング濃度の高い第2導電型のコンタクト領域と、
前記エミッタ領域および前記ベース領域に接し、前記上面から前記下面に向かって設けられるゲートトレンチ部と、を備え、
前記延伸方向は前記ゲートトレンチ部が延伸する長手方向である
を有する請求項1から4のいずれか一項に記載の半導体装置。
- [請求項6] 前記コンタクト領域は、前記延伸方向において前記エミッタ領域と交互に配置され、
前記第1底部領域は、前記延伸方向において離れて配置された2つの前記コンタクト領域を接続する
請求項5に記載の半導体装置。
- [請求項7] 前記第1底部領域の一部の領域は、前記コンタクト領域の下端よりも前記半導体基板の前記上面側に設けられている
請求項6に記載の半導体装置。
- [請求項8] 前記第1底部領域のドーピング濃度が、前記コンタクト領域のドーピング濃度よりも高い
請求項7に記載の半導体装置。
- [請求項9] 前記第1底部領域は、ドーピング濃度の深さ方向における第1濃度ピークを有し、

前記コンタクト領域は、ドーピング濃度の深さ方向における第2濃度ピークを有し、

前記第1濃度ピークの半値半幅が、前記第2濃度ピークの半値半幅よりも小さい

請求項8に記載の半導体装置。

[請求項10] 前記トレンチコンタクト部の下端は、前記エミッタ領域の下端よりも前記半導体基板の前記上面側に配置されている

請求項5から9のいずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項11] 前記ダイオード部の前記トレンチコンタクト部は、前記トランジスタ部の前記トレンチコンタクト部よりも下方まで設けられている

請求項1から10のいずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項12] 前記ダイオード部の前記トレンチコンタクト部は、前記トランジスタ部の前記トレンチコンタクト部よりも、前記半導体基板の前記上面における幅が小さい

請求項1から10のいずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項13] 前記境界部の前記トレンチコンタクト部は、前記ダイオード部の前記トレンチコンタクト部および前記トランジスタ部の前記トレンチコンタクト部のいずれよりも下方まで設けられている

請求項3または4に記載の半導体装置。

[請求項14] 前記境界部の前記トレンチコンタクト部は、前記ダイオード部の前記トレンチコンタクト部および前記トランジスタ部の前記トレンチコンタクト部のいずれよりも、前記半導体基板の前記上面における幅が小さい

請求項3または4に記載の半導体装置。

[請求項15] 前記ダイオード部は、前記ドリフト領域と前記半導体基板の前記上面との間に設けられた、第2導電型のアノード領域を有し、

前記アノード領域のドーピング濃度が、前記ベース領域のドーピン

グ濃度よりも低い

請求項5から10のいずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項16] 前記トランジスタ部は、前記ベース領域と前記ドリフト領域との間において前記深さ方向に複数設けられた、前記ドリフト領域よりもドーピング濃度の高い蓄積領域を更に有する

請求項5から10のいずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項17] 上面および下面を有し、第1導電型のドリフト領域が設けられた半導体基板と、

前記半導体基板に設けられたトランジスタ部と、
を備え、

前記トランジスタ部は、

前記半導体基板の前記上面から前記半導体基板の深さ方向に設けられた1つ以上のトレンチコンタクト部と、

いずれかの前記トレンチコンタクト部の底部と接して設けられた第2導電型の第1底部領域と、

前記半導体基板の前記上面と接して設けられ、前記ドリフト領域よりもドーピング濃度の高い第1導電型のエミッタ領域と、

前記エミッタ領域と前記ドリフト領域との間に設けられた第2導電型のベース領域と、

前記半導体基板の前記上面と接して設けられ、前記ベース領域と接続され、前記ベース領域よりもドーピング濃度の高い第2導電型のコンタクト領域と

を有し、

前記第1底部領域のドーピング濃度が、前記コンタクト領域のドーピング濃度よりも高い

半導体装置。

[請求項18] 前記第1底部領域は、ドーピング濃度の深さ方向における第1濃度ピークを有し、

前記コンタクト領域は、ドーピング濃度の深さ方向における第2濃度ピークを有し、

前記第1濃度ピークの半値半幅が、前記第2濃度ピークの半値半幅よりも小さい

請求項17に記載の半導体装置。

[請求項19] (追加)

前記トレンチコンタクト部は、前記半導体基板の前記上面において延伸方向に延伸しており、

複数の前記第1底部領域が前記延伸方向に沿って離散的に配置されている

請求項17または18に記載の半導体装置。

[請求項20] (追加)

前記トレンチコンタクト部の前記底部は、前記エミッタ領域の下端および前記コンタクト領域の下端のいずれよりも前記半導体基板の前記上面の側に配置されている

請求項17または18に記載の半導体装置。

[請求項21] (追加)

前記トレンチコンタクト部の前記底部は、前記エミッタ領域の下端よりも前記半導体基板の前記上面の側に配置されており、

前記第1底部領域の下端は、前記エミッタ領域の前記下端よりも前記半導体基板の前記下面の側に配置されている

請求項17または18に記載の半導体装置。

[請求項22] (追加)

前記トレンチコンタクト部は、前記半導体基板の前記上面において延伸方向に延伸しており、

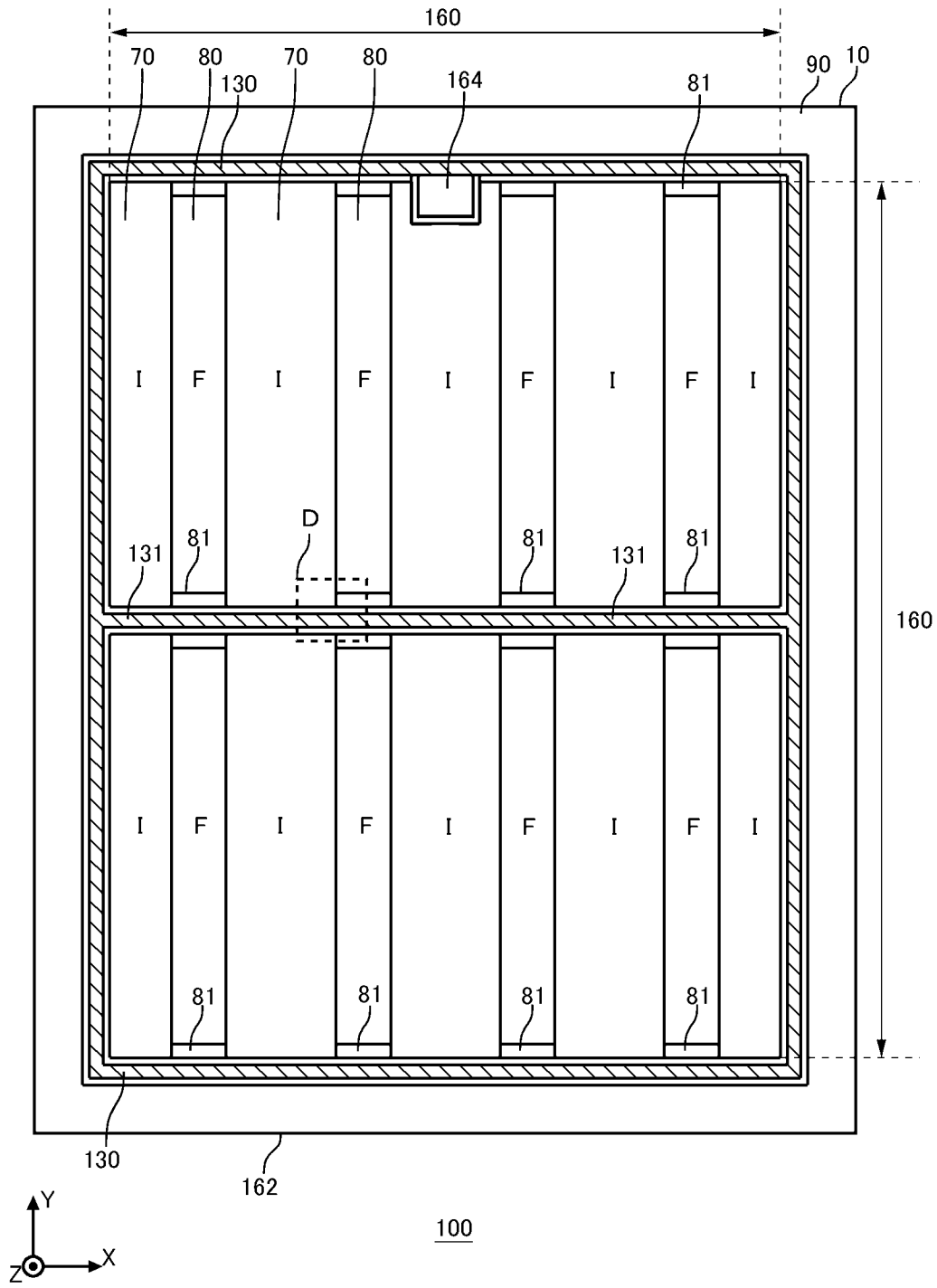
前記第1底部領域の前記延伸方向における長さは、前記トレンチコンタクト部の延伸方向における長さよりも小さい

請求項17または18に記載の半導体装置。

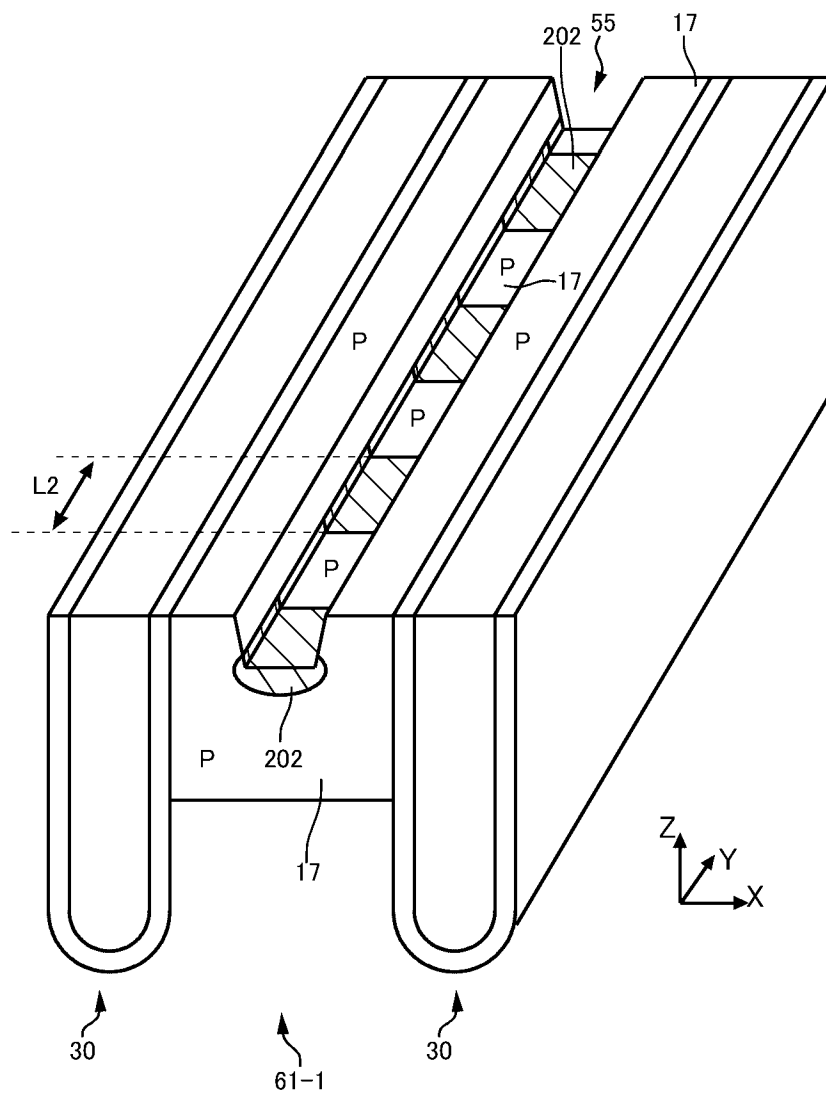
[請求項23] (追加)

前記半導体基板に設けられたダイオード部を更に備え、
前記トランジスタ部および前記ダイオード部のそれぞれは、前記半導体基板の前記上面から前記半導体基板の深さ方向に設けられ、且つ、前記半導体基板の前記上面において延伸方向に延伸した1つ以上のトレンチコンタクト部を有し、
前記ダイオード部は、いずれかの前記トレンチコンタクト部の底部と接して設けられた第2導電型の第2底部領域を有し、
前記第1底部領域の前記延伸方向における長さが、前記第2底部領域の前記延伸方向における長さよりも小さい
請求項17または18に記載の半導体装置。

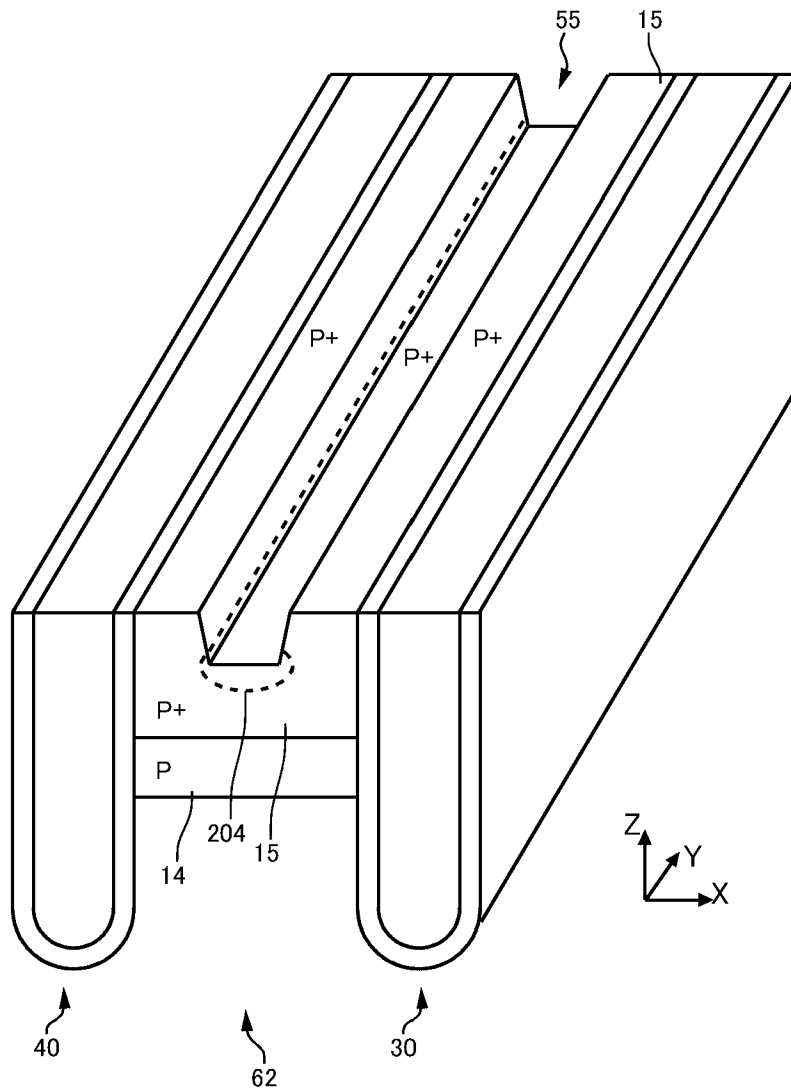
[図1]



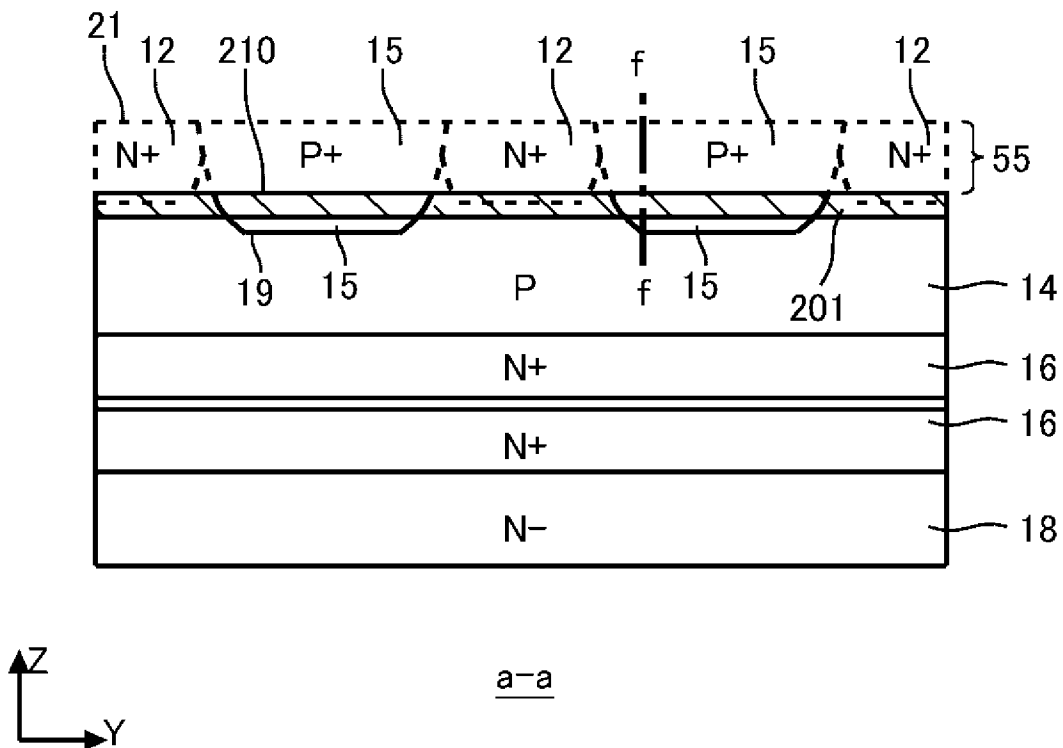
[図5]



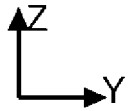
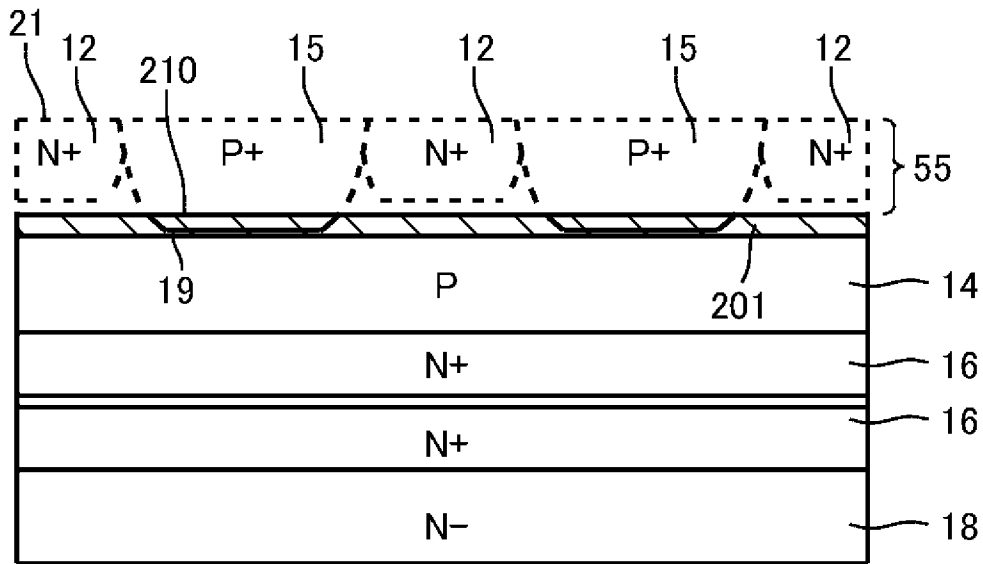
[図6]



[図7A]

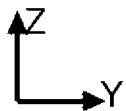
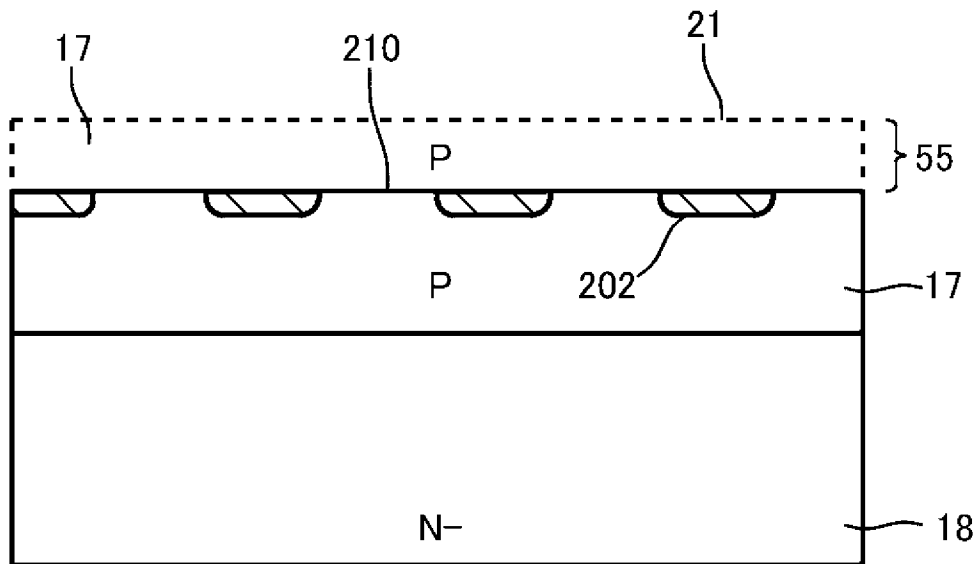


[図7B]



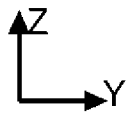
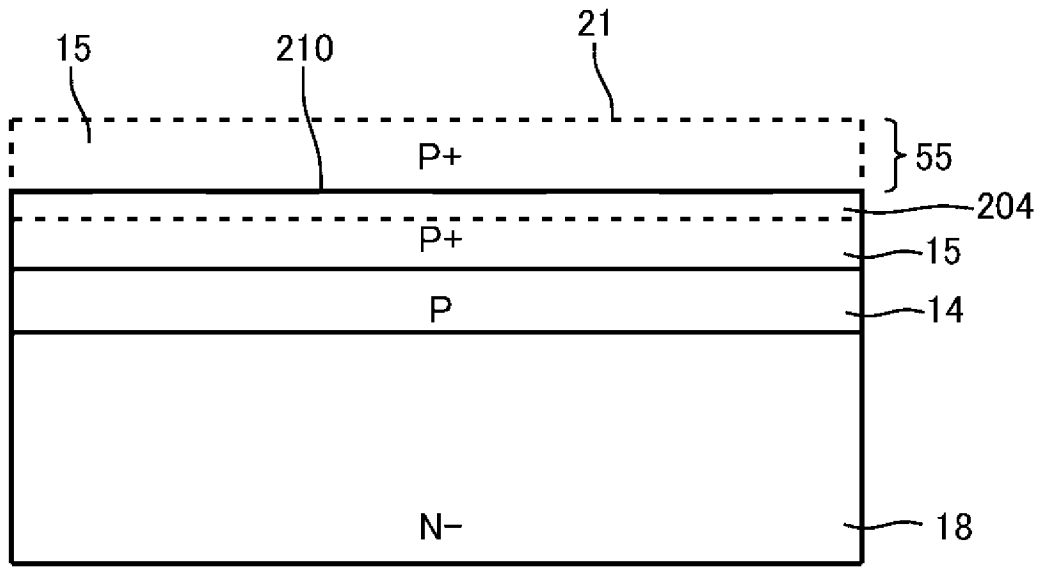
a-a

[図8]



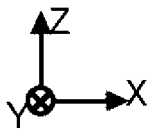
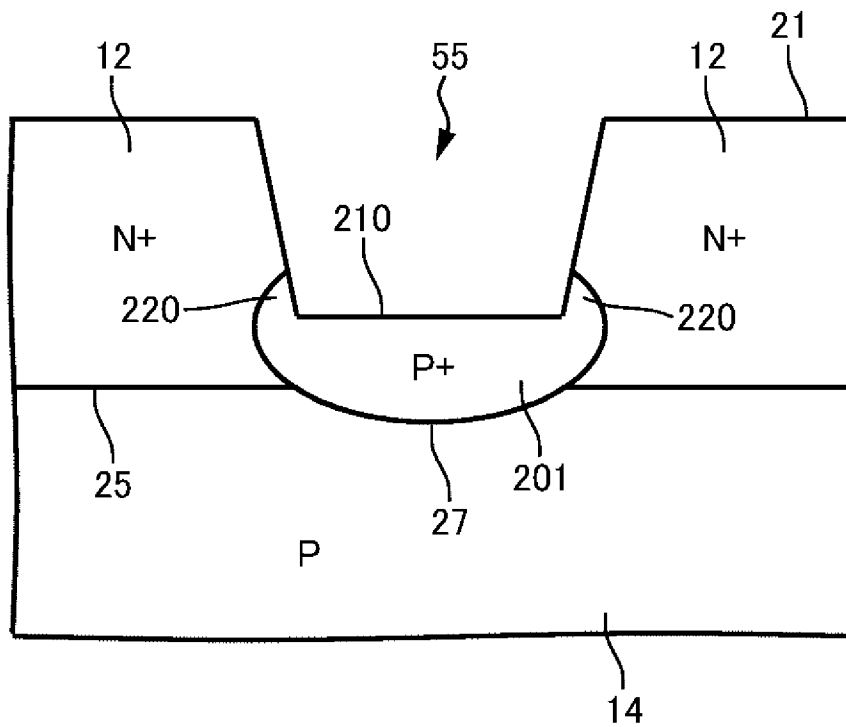
b-b

[図9]

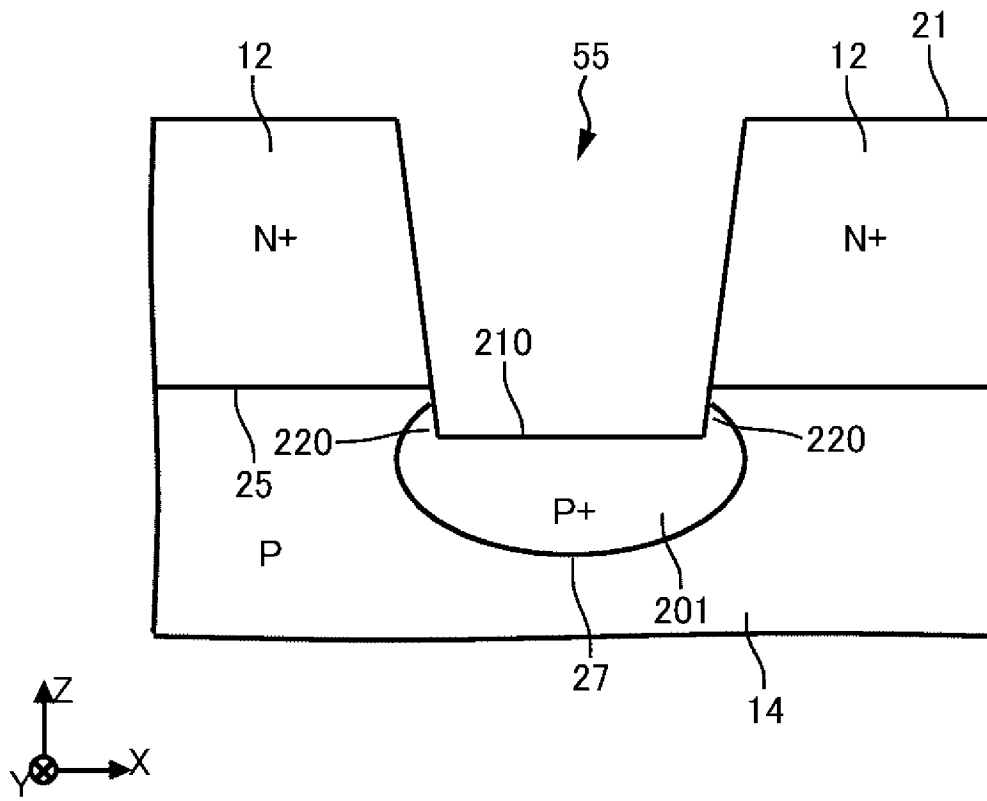


c-c

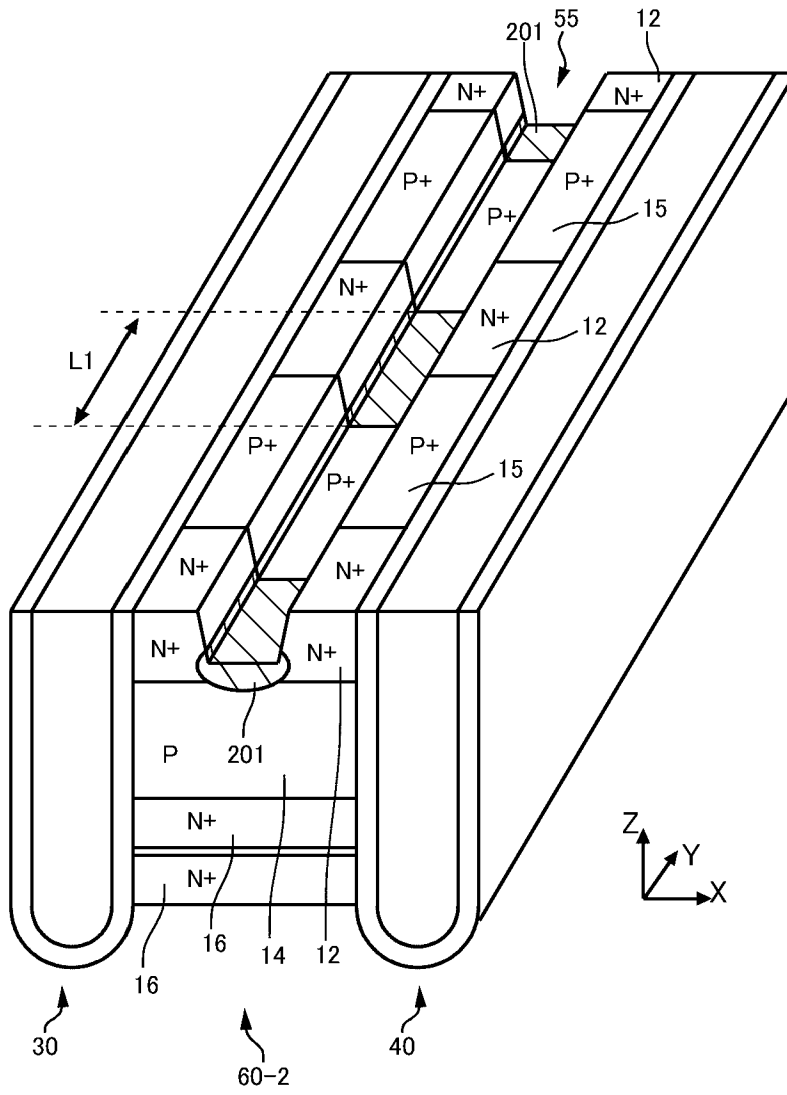
[図10A]



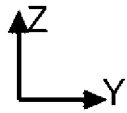
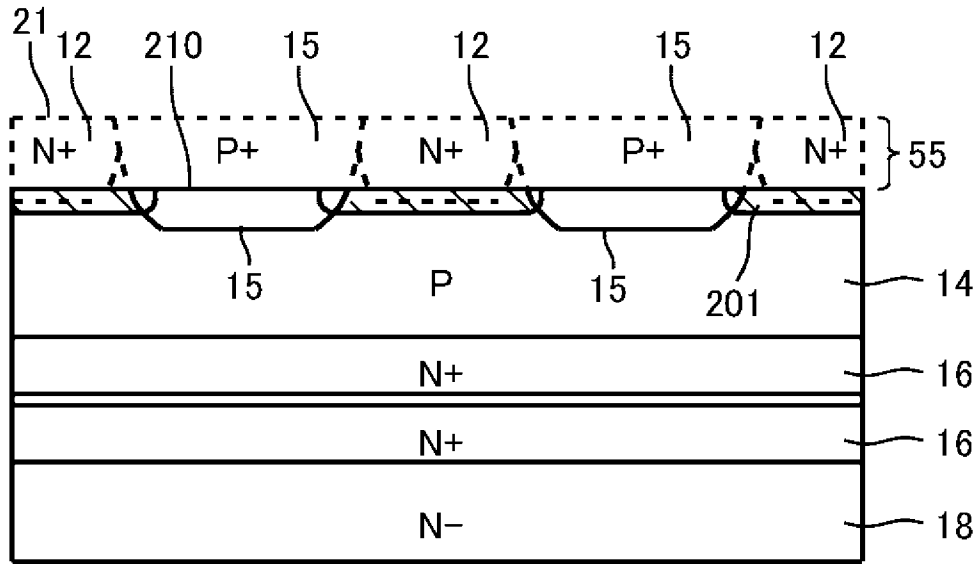
[図10B]



[図11]

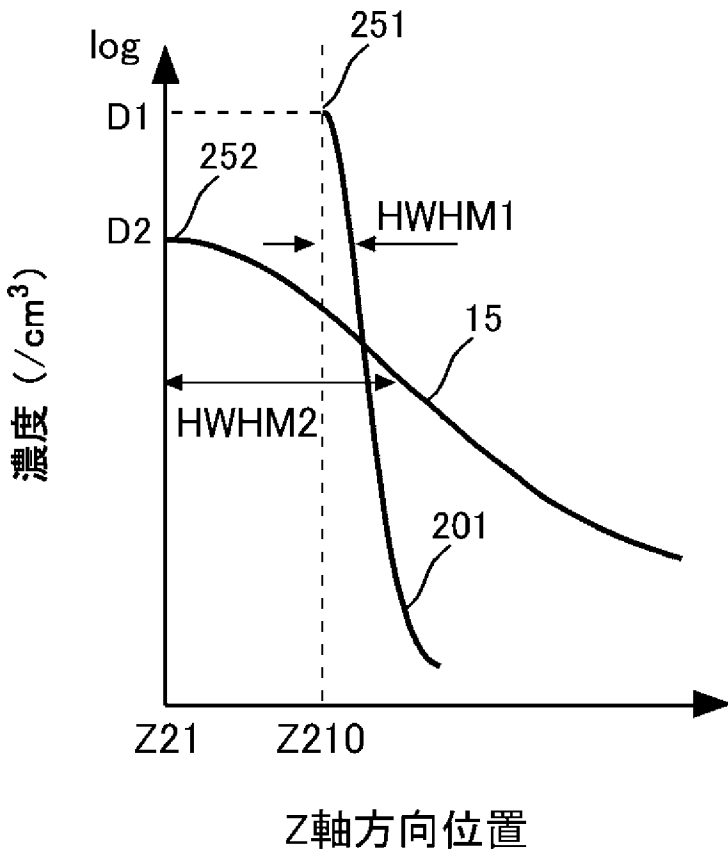


[圖12]

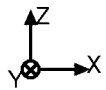
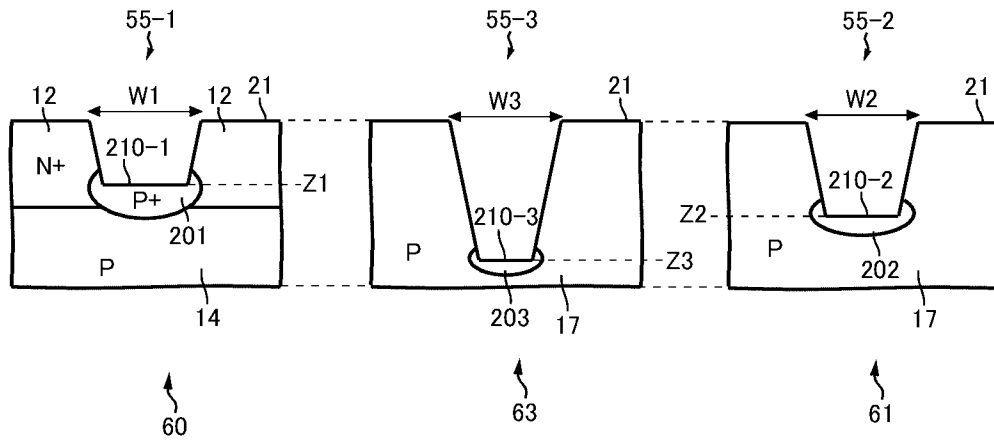


a-a

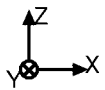
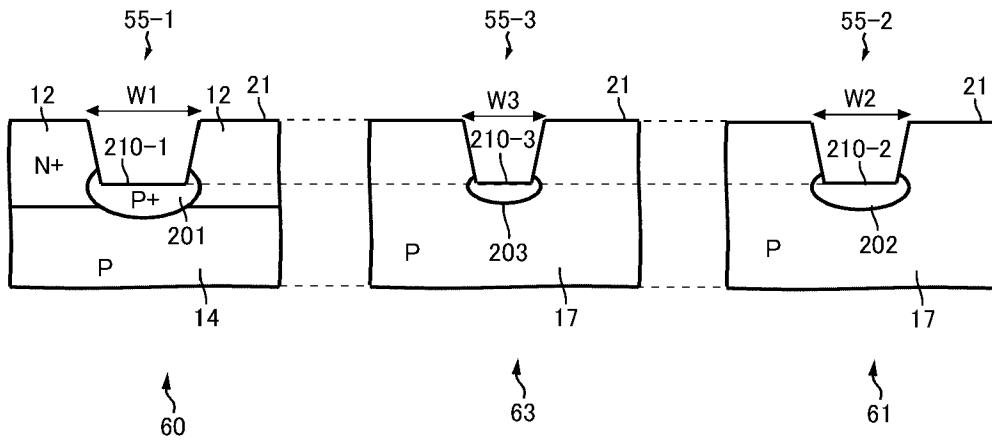
[圖13]



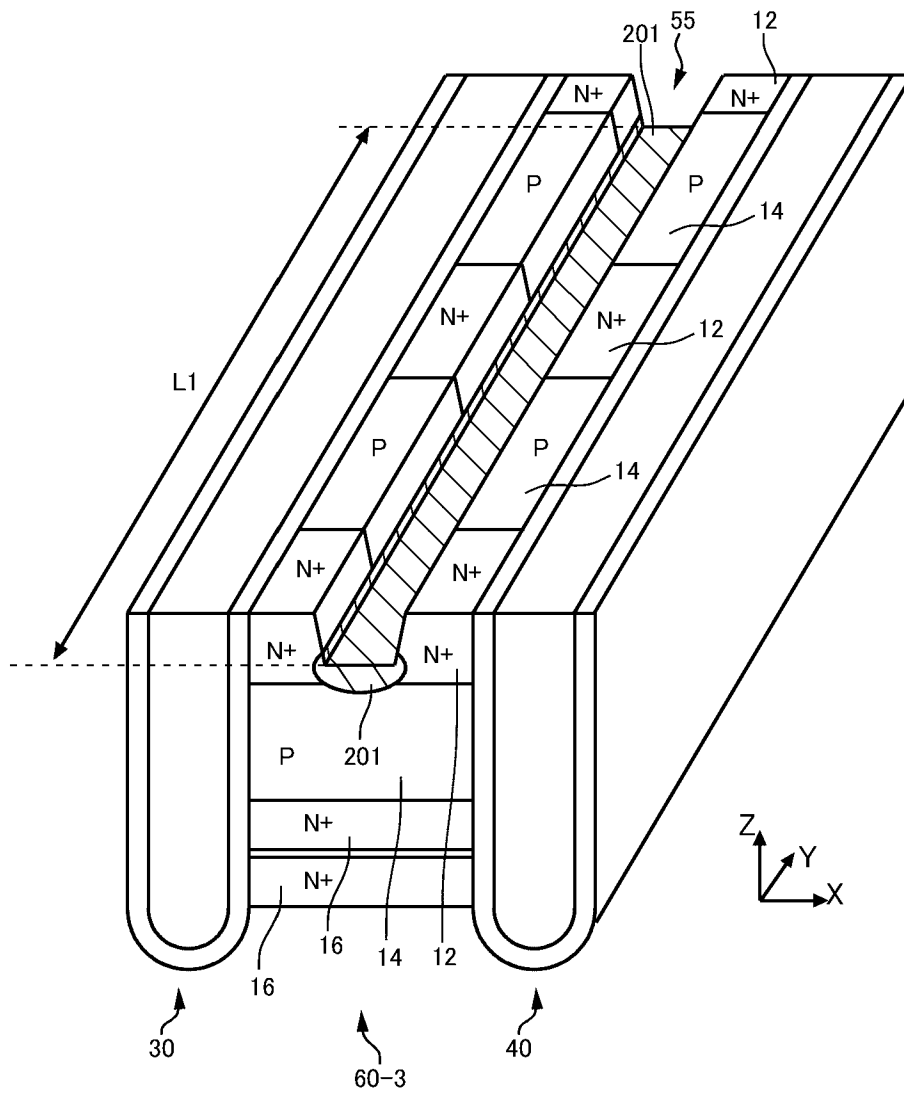
[図14]



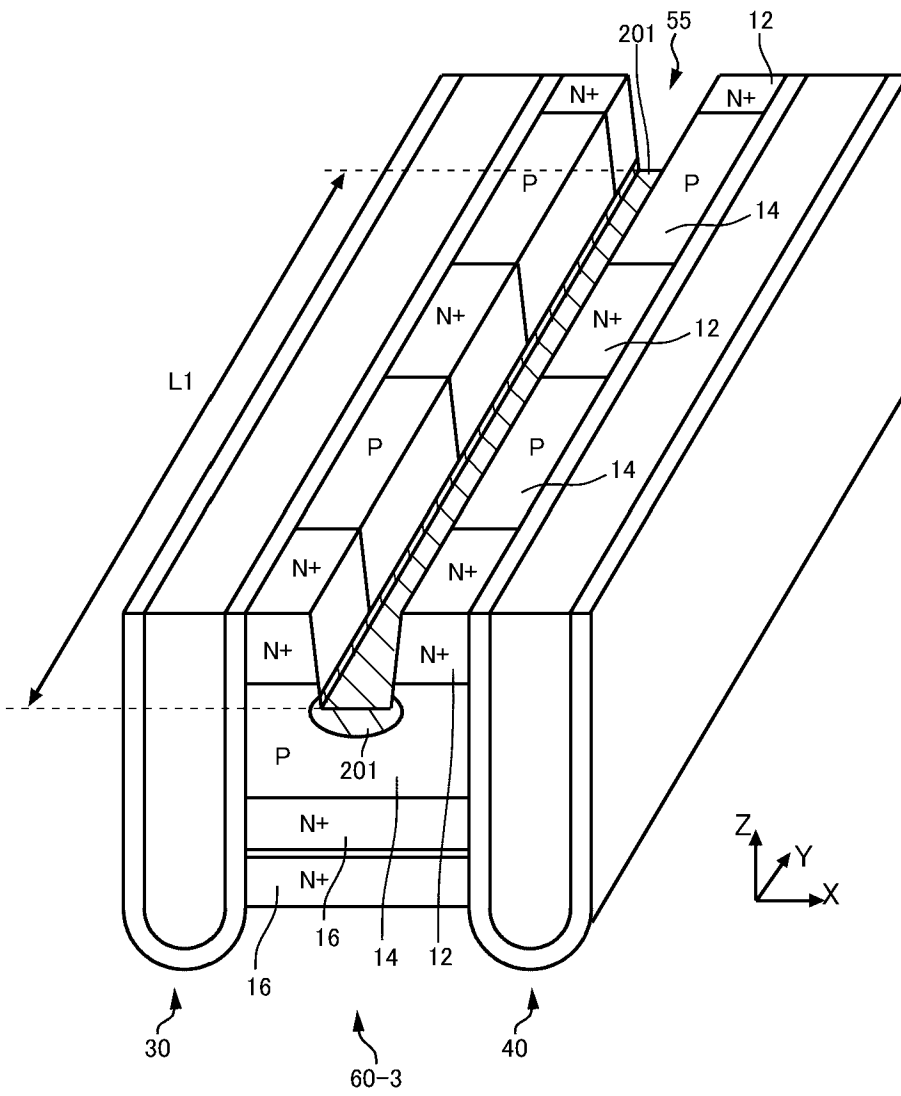
[図15]



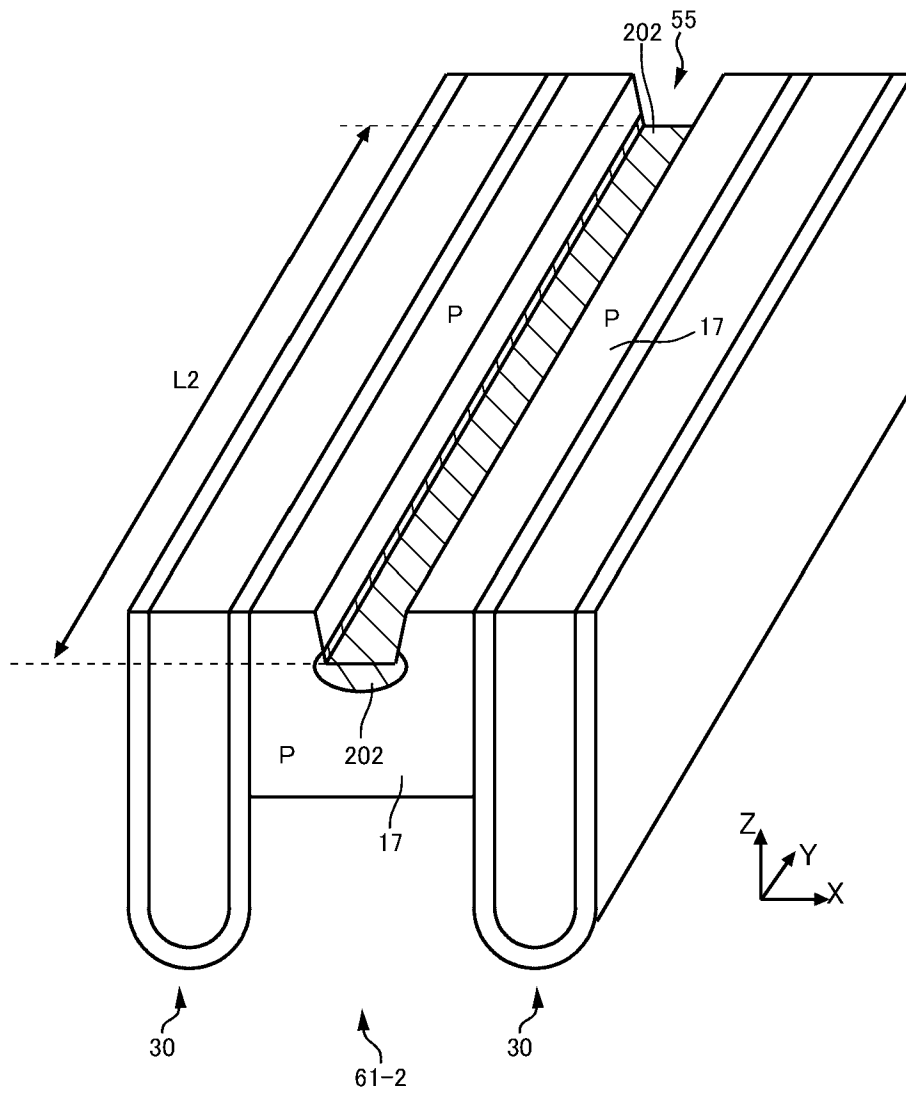
[図16A]



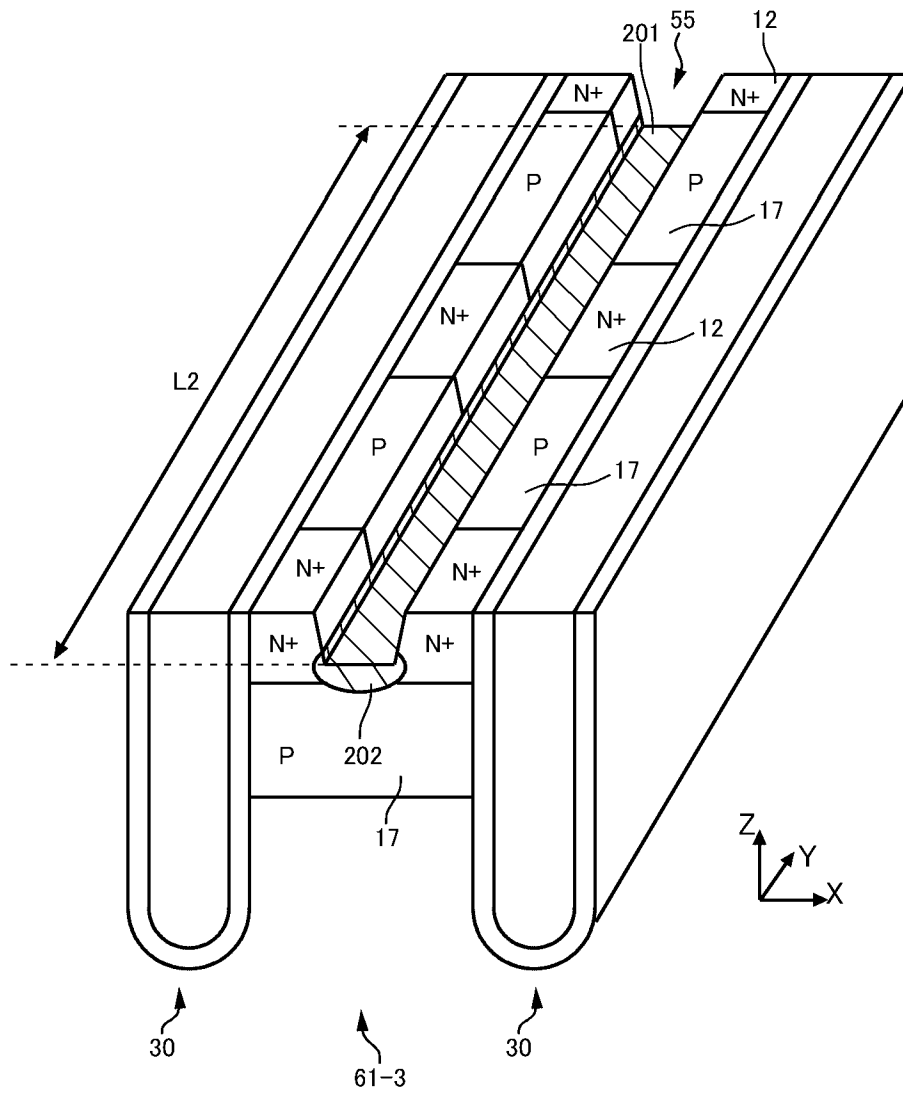
[図16B]



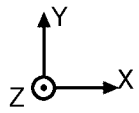
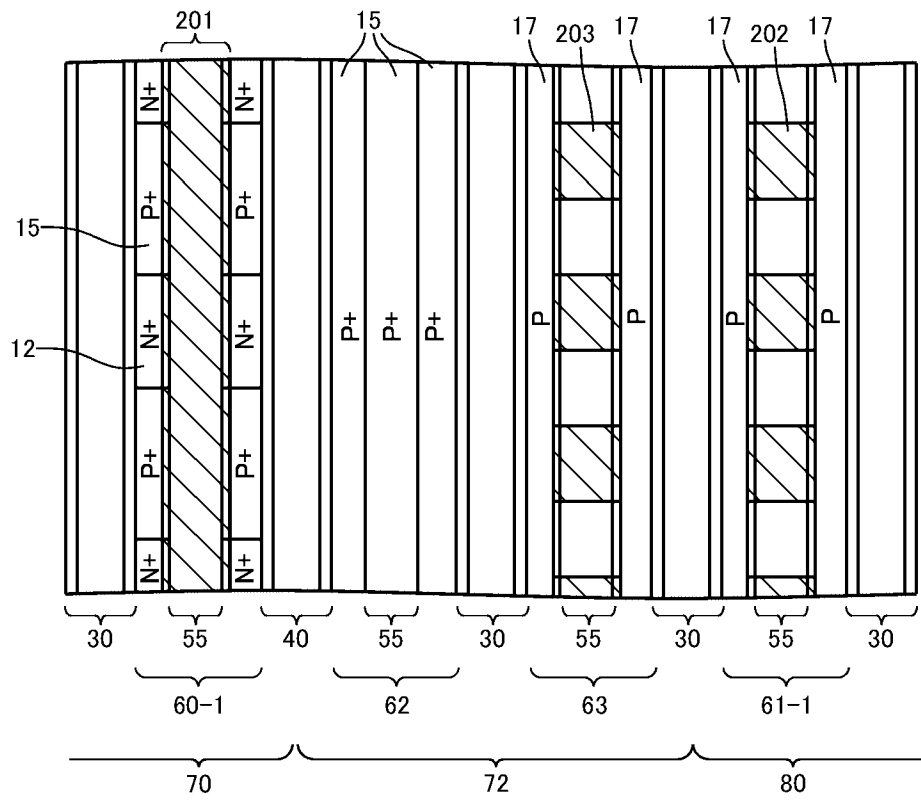
[図17]



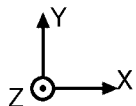
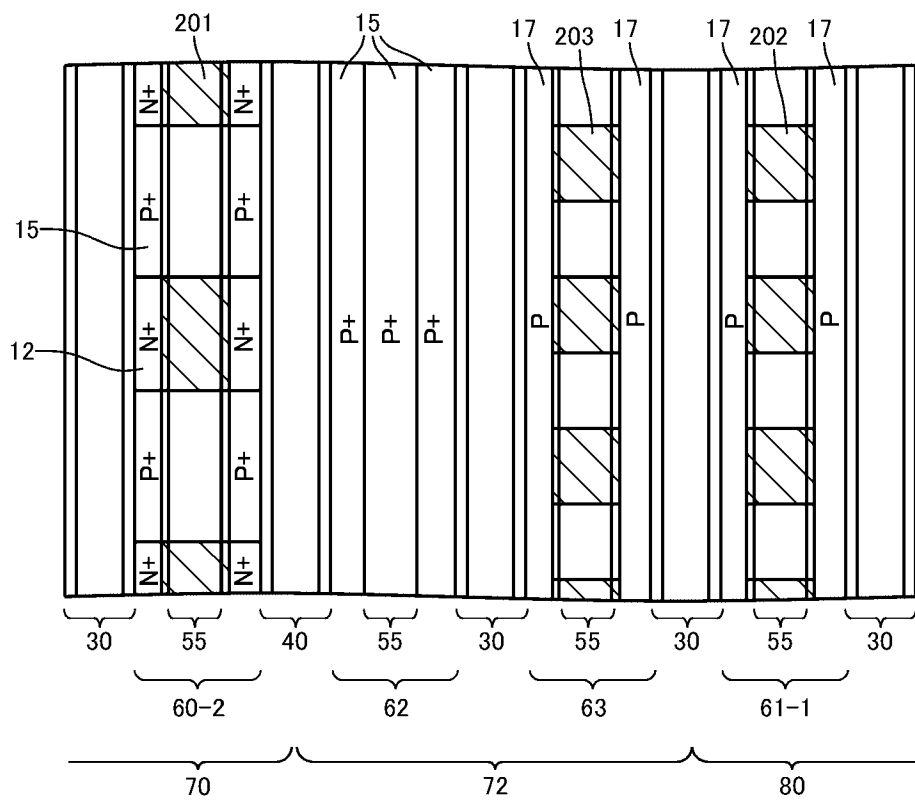
[図18]



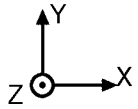
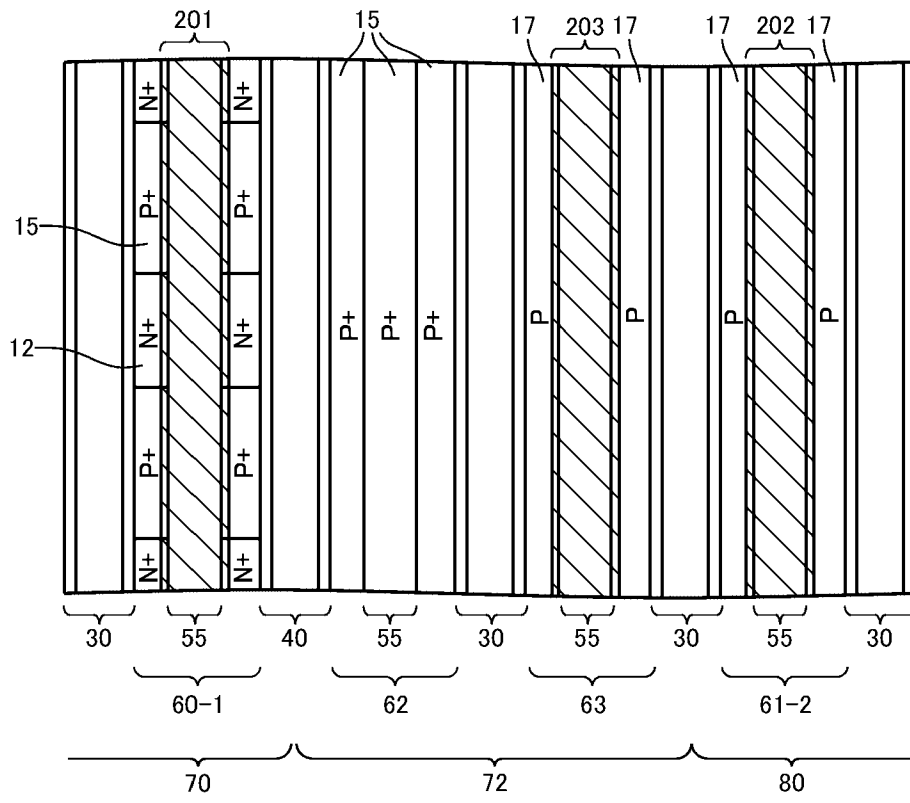
[図19]



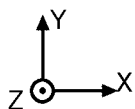
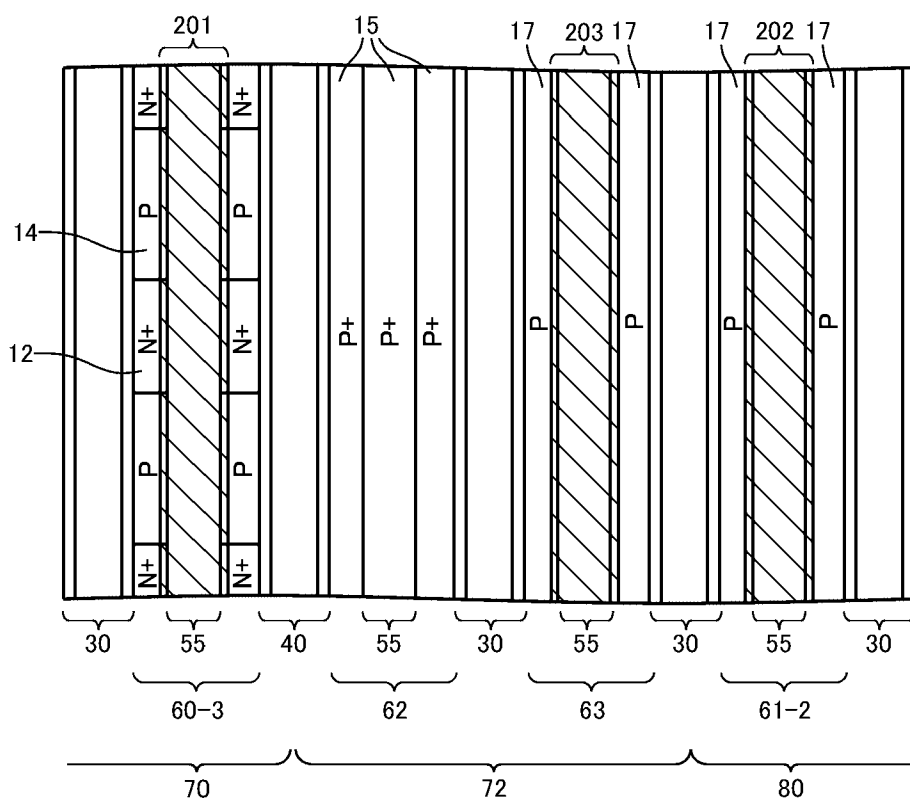
[図20]



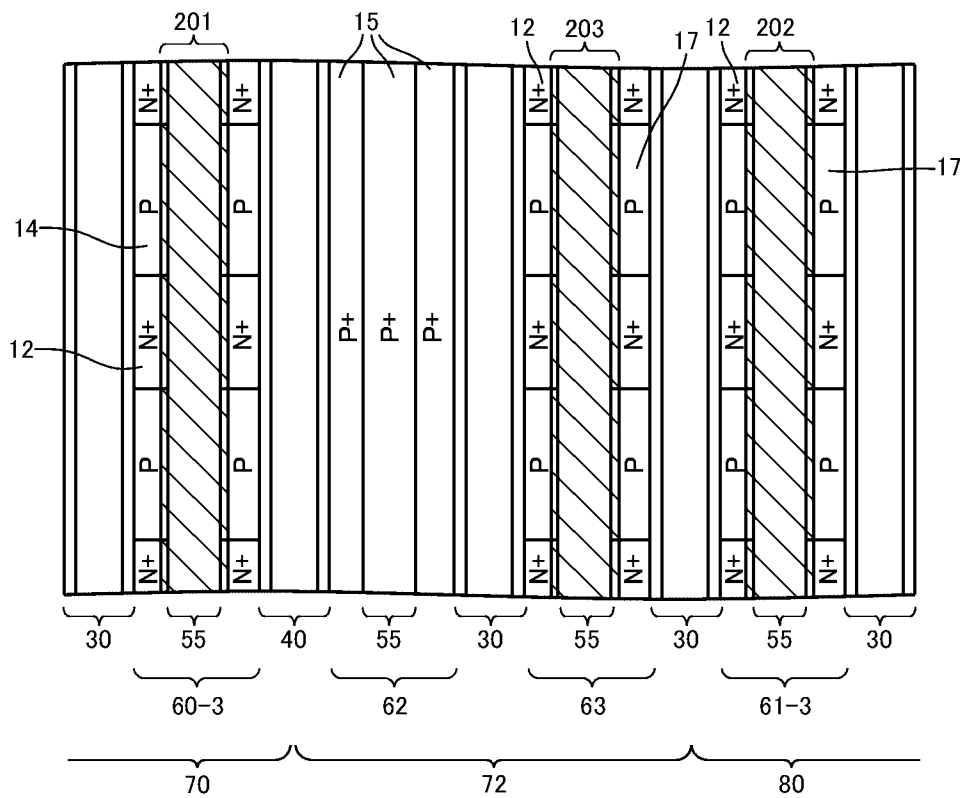
[図21]



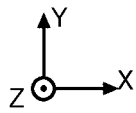
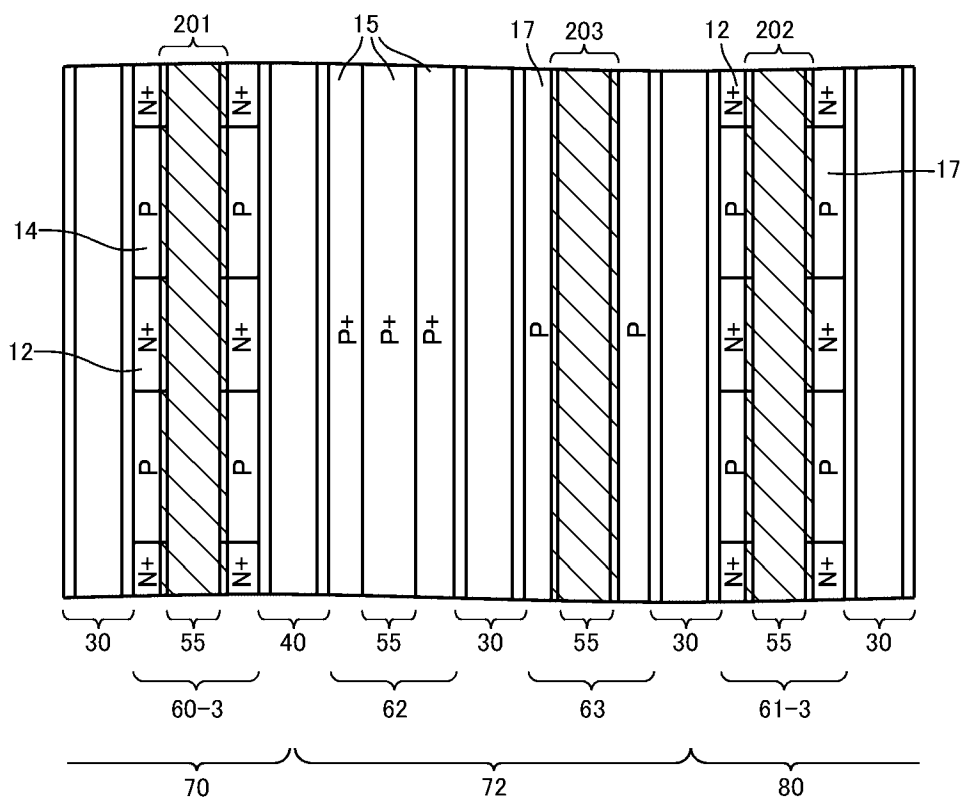
[図22]



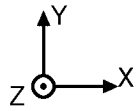
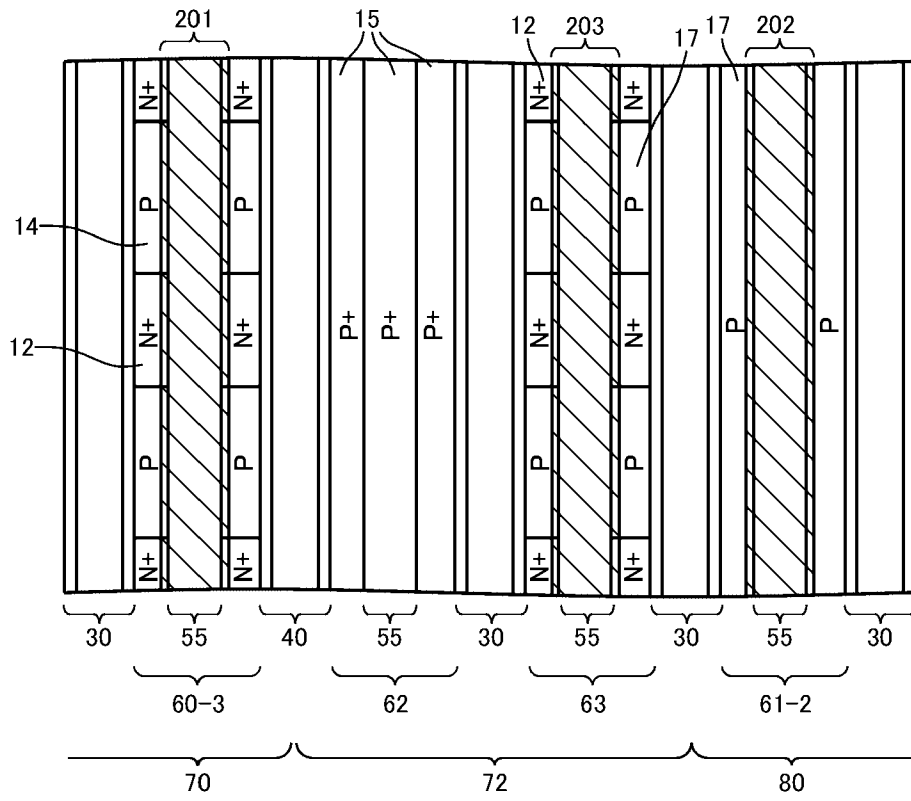
[図23]



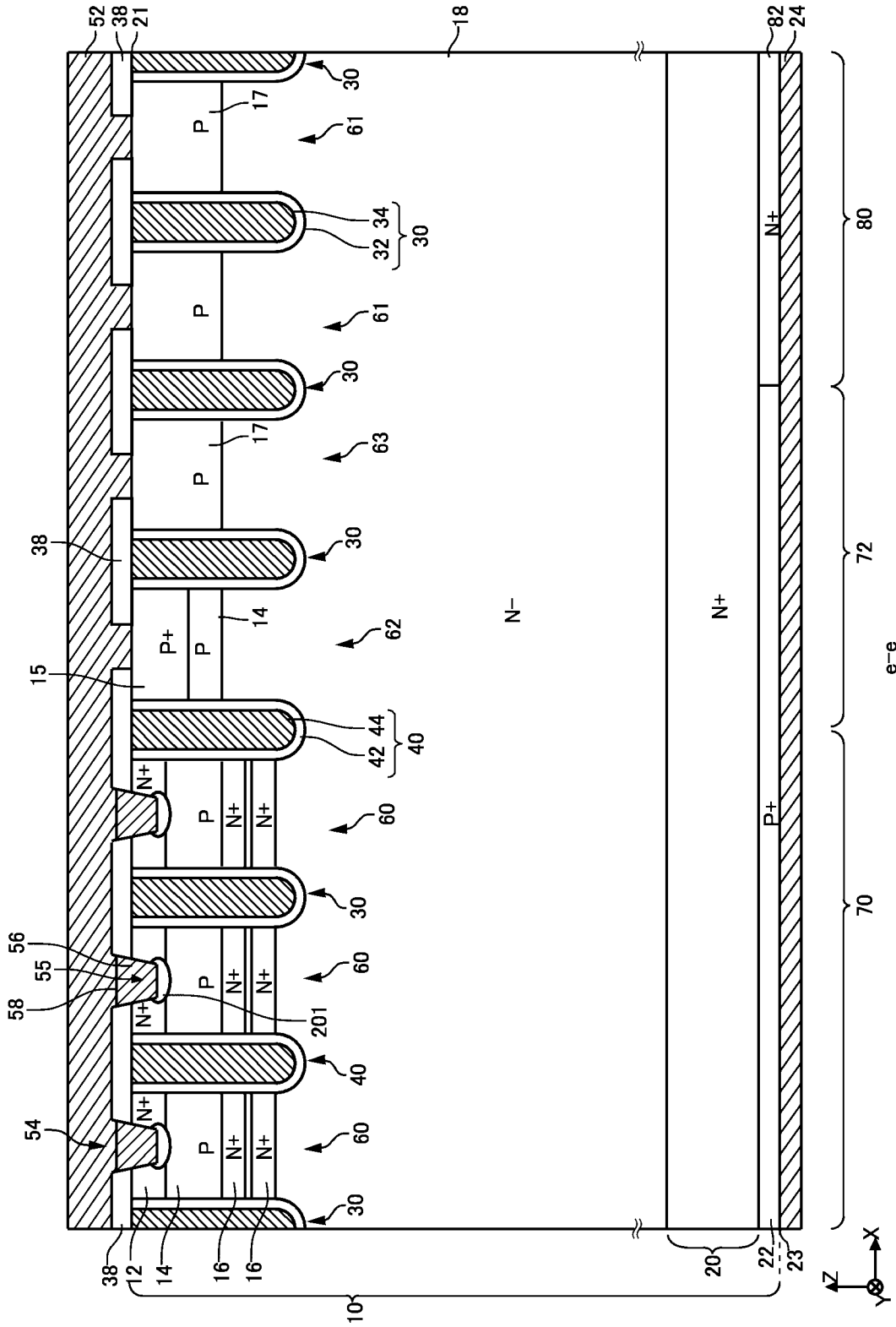
[図24]



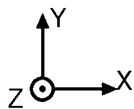
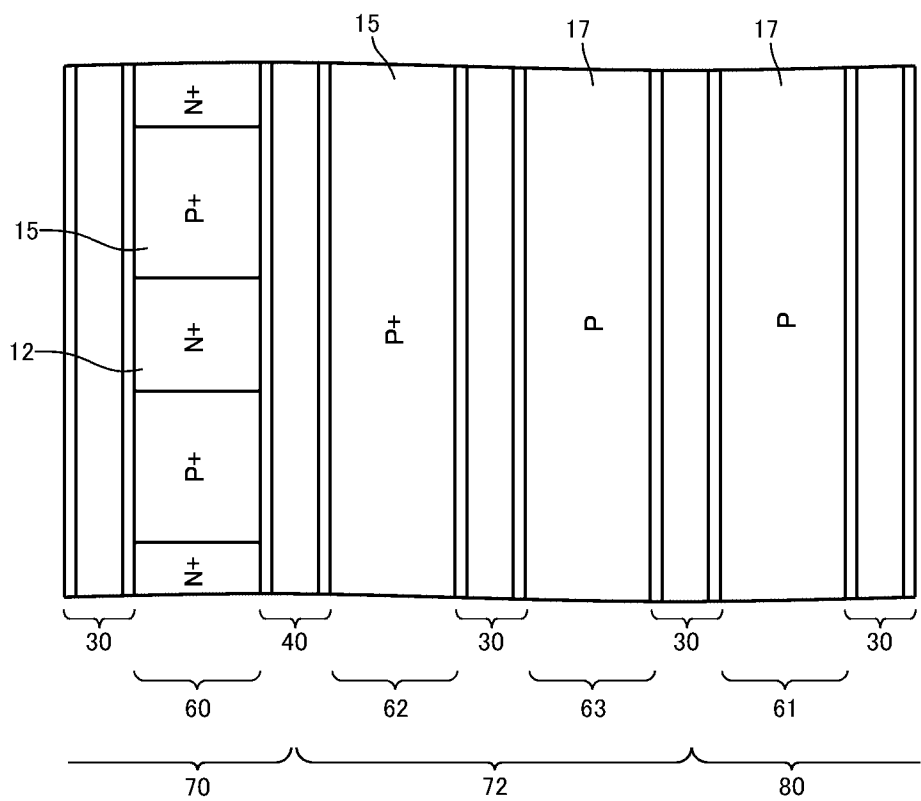
[図25]



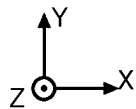
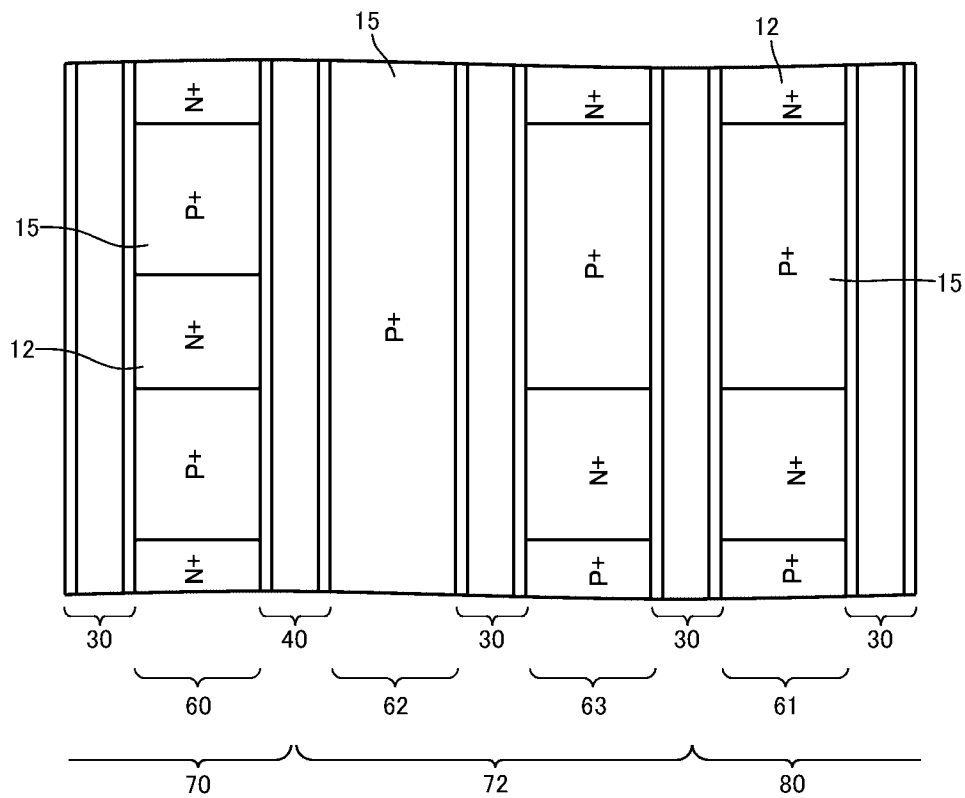
[26]



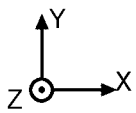
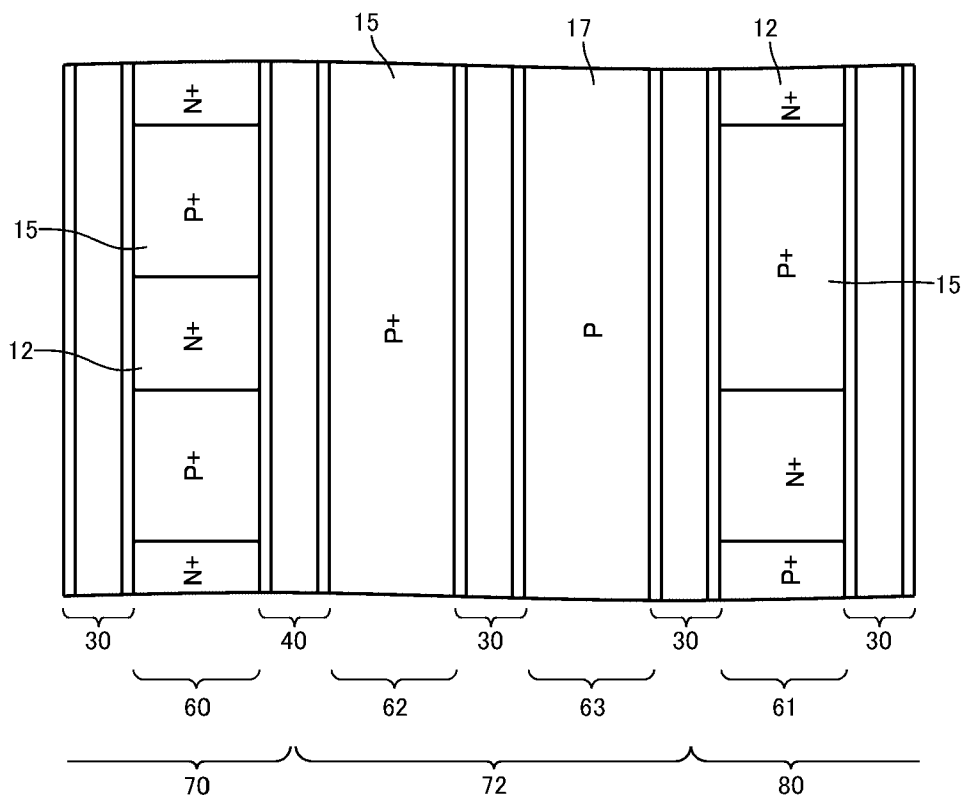
[図28]



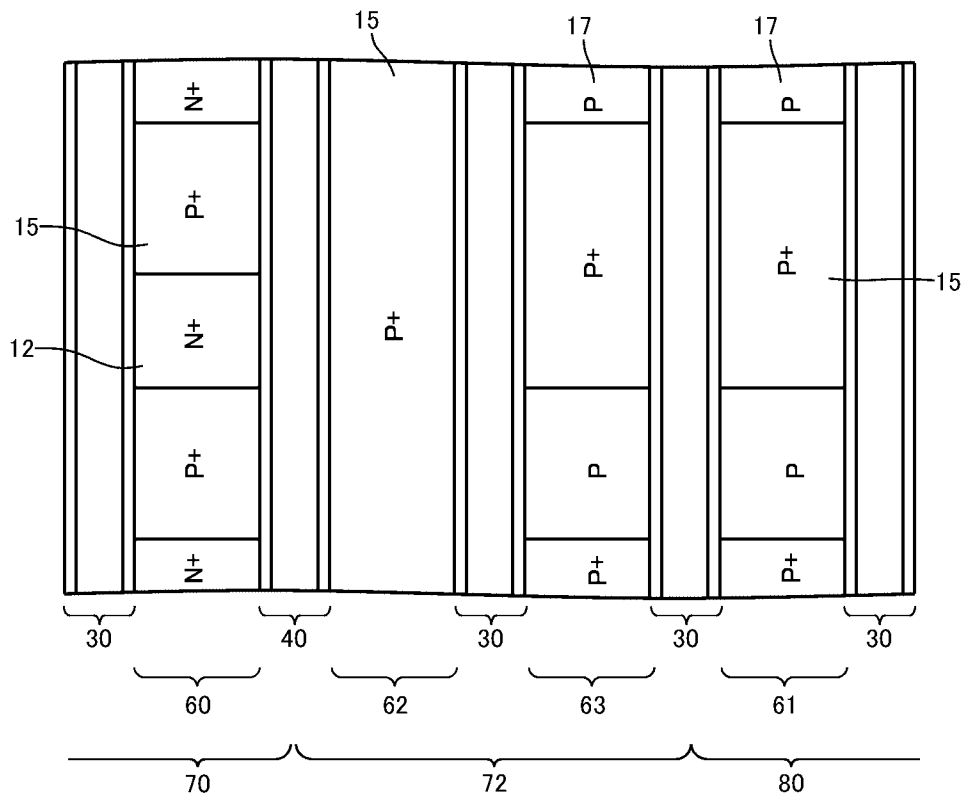
[図29]



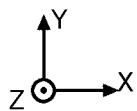
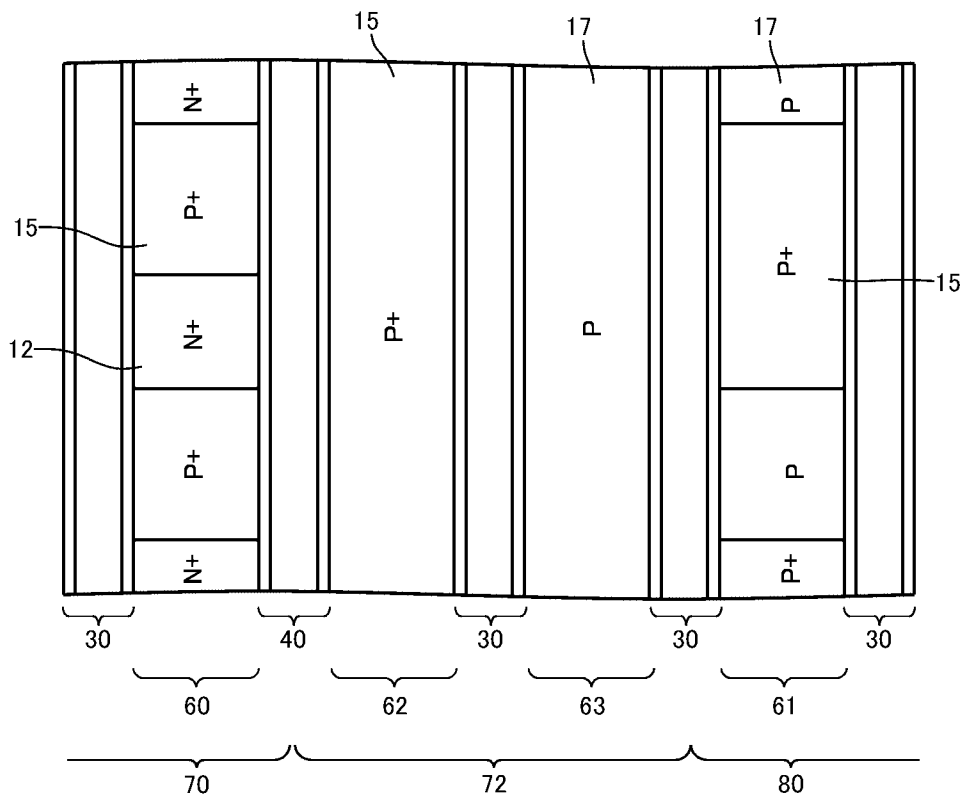
[図30]



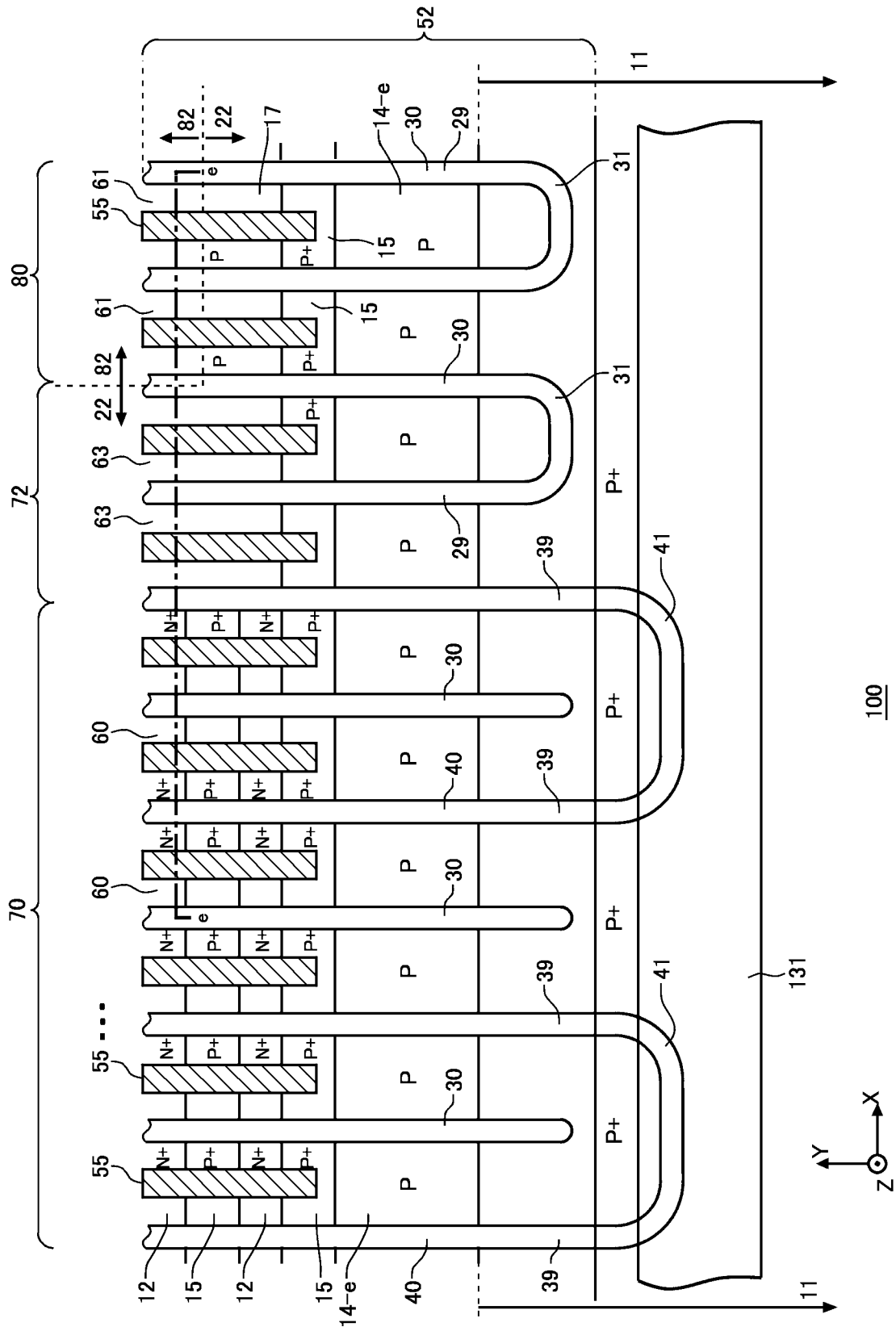
[図31]



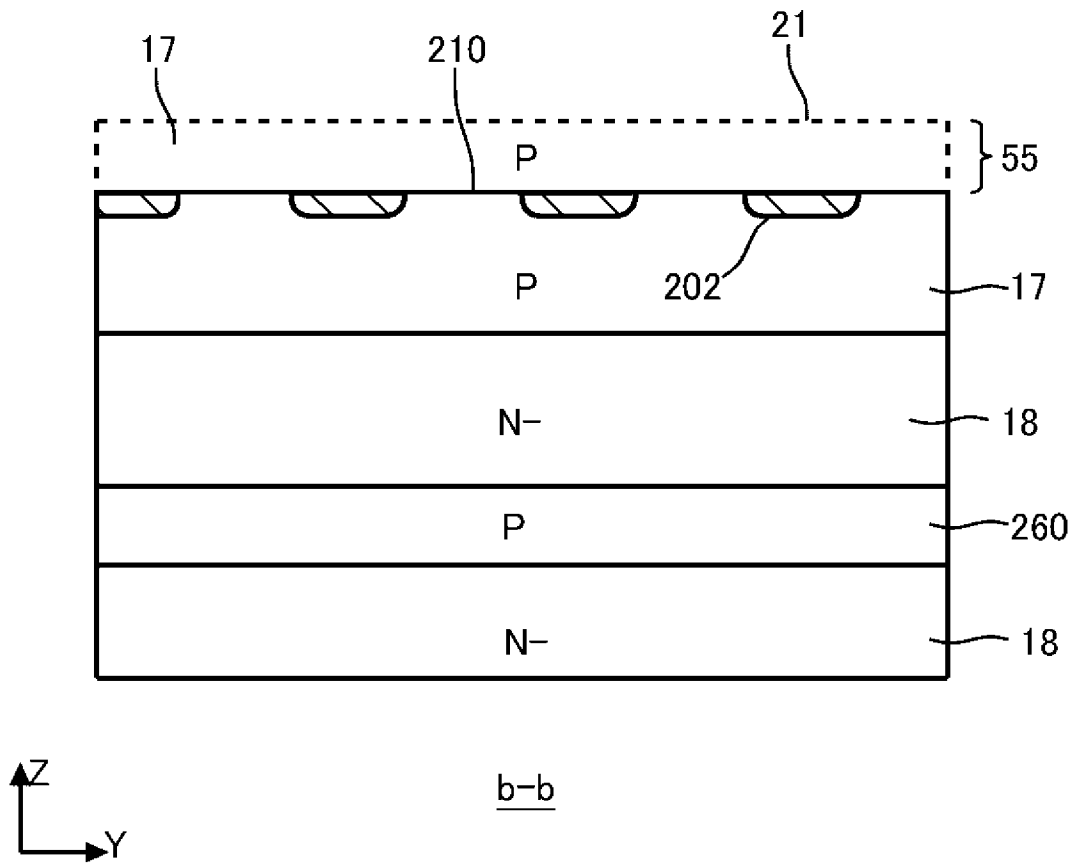
[図32]



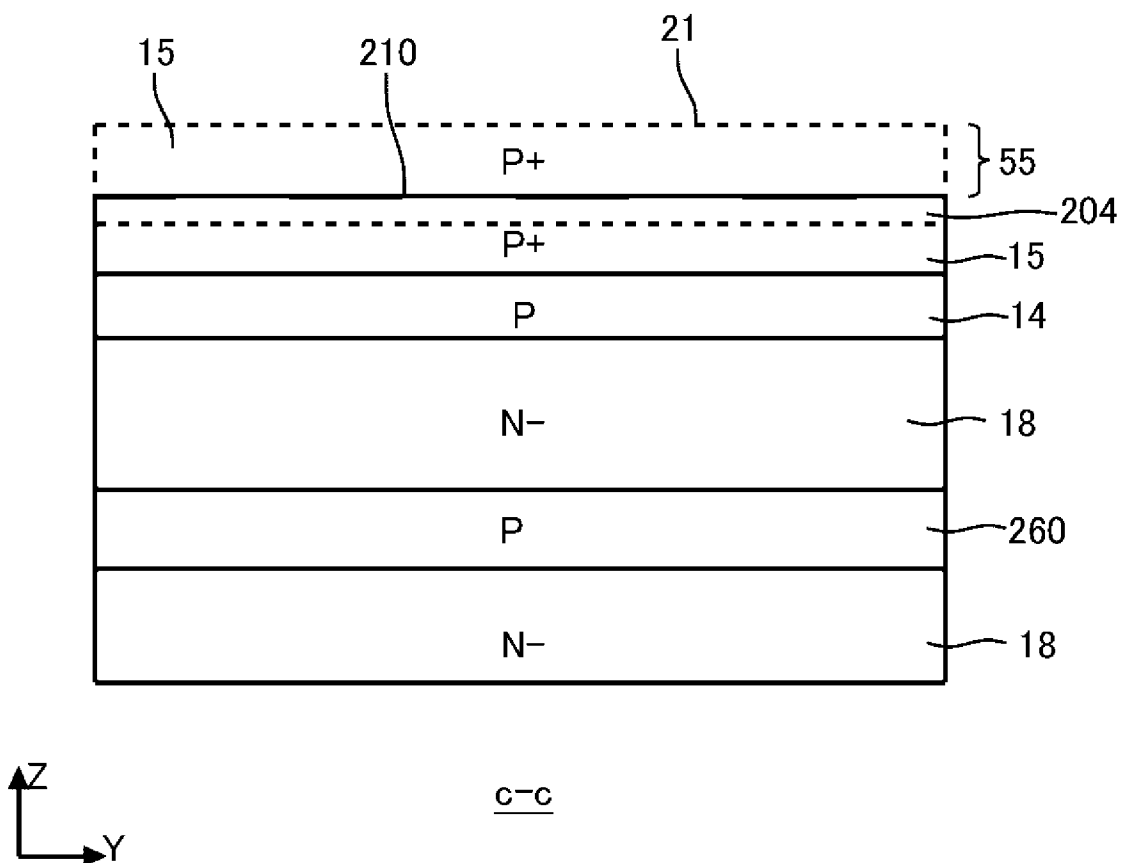
[33]



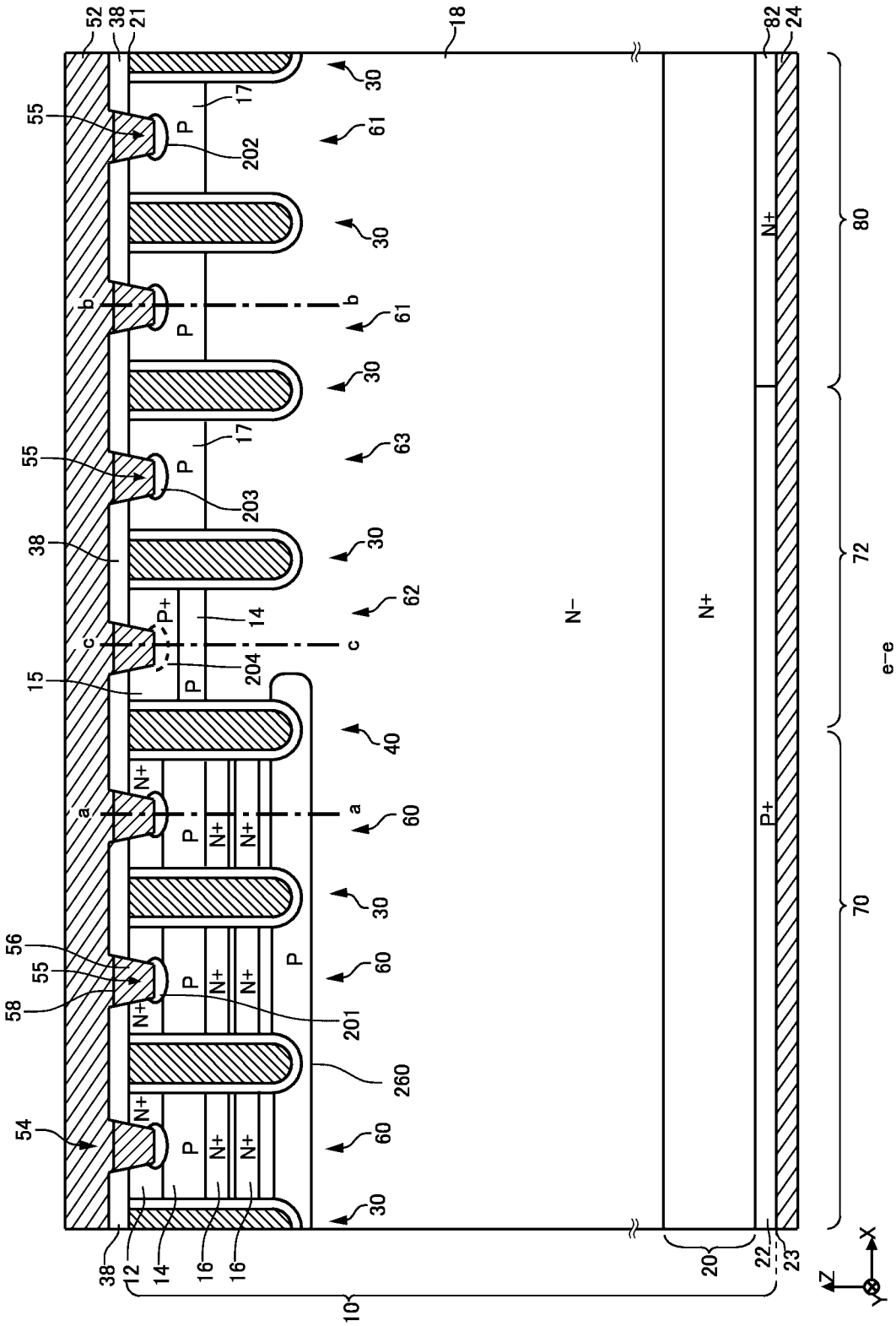
[図37]



[図38]



[39]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/038340

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>H01L 29/78</i> (2006.01)i; <i>H01L 21/8234</i> (2006.01)i; <i>H01L 27/06</i> (2006.01)i; <i>H01L 29/739</i> (2006.01)i; <i>H01L 29/861</i> (2006.01)i; <i>H01L 29/868</i> (2006.01)i		
FI: H01L29/78 652D; H01L29/78 657D; H01L29/78 652Q; H01L29/78 657A; H01L29/78 657F; H01L29/78 652K; H01L29/78 653A; H01L29/78 652J; H01L29/78 652M; H01L29/91 C; H01L29/78 655B; H01L29/78 652H; H01L27/06 102A; H01L27/06 311B; H01L29/78 655G		
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) H01L29/78; H01L21/8234; H01L27/06; H01L29/739; H01L29/861; H01L29/868		
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	WO 2020/213254 A1 (FUJI ELECTRIC CO LTD) 22 October 2020 (2020-10-22) paragraphs [0022]-[0088], fig. 1-5	17, 18
A		1-16
A	WO 2018/052099 A1 (FUJI ELECTRIC CO LTD) 22 March 2018 (2018-03-22) paragraphs [0075]-[0078], fig. 7A-7C	1-18
A	JP 2019-004060 A (FUJI ELECTRIC CO LTD) 10 January 2019 (2019-01-10) paragraphs [0076]-[0080], fig. 9-11	1-18
A	JP 2000-031484 A (SILICONIX INC) 28 January 2000 (2000-01-28) paragraphs [0023]-[0025], [0033]-[0034], fig. 3, 4, 7, 15	1-18
A	JP 2006-203131 A (DENSO CORP) 03 August 2006 (2006-08-03) paragraphs [0021]-[0031], [0041]-[0045], fig. 1, 3, 4	1-18
<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 06 December 2022		Date of mailing of the international search report 27 December 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/JP2022/038340

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2020/213254	A1	22 October 2020	US 2021/0234027 A1 paragraphs [0042]-[0108], fig. 1-5 EP 3843132 A1 CN 112823414 A	
WO	2018/052099	A1	22 March 2018	US 2018/0366548 A1 paragraphs [0101]-[0104], fig. 7A-7C DE 112017000727 T5 CN 108780809 A	
JP	2019-004060	A	10 January 2019	US 2018/0366578 A1 paragraphs [0110]-[0115], fig. 9-11	
JP	2000-031484	A	28 January 2000	US 6204533 B1 column 5, lines 8-50, column 6, lines 54-65, fig. 3, 4, 7, 10B EP 962987 A2	
JP	2006-203131	A	03 August 2006	(Family: none)	

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））</p> <p>H01L 29/78(2006.01)i; H01L 21/8234(2006.01)i; H01L 27/06(2006.01)i; H01L 29/739(2006.01)i; H01L 29/861(2006.01)i; H01L 29/868(2006.01)i FI: H01L29/78 652D; H01L29/78 657D; H01L29/78 652Q; H01L29/78 657A; H01L29/78 657F; H01L29/78 652K; H01L29/78 653A; H01L29/78 652J; H01L29/78 652M; H01L29/91 C; H01L29/78 655B; H01L29/78 652H; H01L27/06 102A; H01L27/06 311B; H01L29/78 655G</p>																							
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））</p> <p>H01L29/78; H01L21/8234; H01L27/06; H01L29/739; H01L29/861; H01L29/868</p> <p>最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの</p> <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2022年</td> </tr> </table> <p>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）</p>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2022年	日本国実用新案登録公報	1996-2022年	日本国登録実用新案公報	1994-2022年													
日本国実用新案公報	1922-1996年																						
日本国公開実用新案公報	1971-2022年																						
日本国実用新案登録公報	1996-2022年																						
日本国登録実用新案公報	1994-2022年																						
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>WO 2020/213254 A1（富士電機株式会社） 22.10.2020（2020-10-22） 段落0022-0088, 図1-5</td> <td>17, 18</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td></td> <td>1-16</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2018/052099 A1（富士電機株式会社） 22.03.2018（2018-03-22） 段落0075-0078, 図7A-7C</td> <td>1-18</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2019-004060 A（富士電機株式会社） 10.01.2019（2019-01-10） 段落0076-0080, 図9-11</td> <td>1-18</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2000-031484 A（シリコニックス・インコーポレイテッド） 28.01.2000（2000-01-28） 段落0023-0025, 0033-0034, 図3, 4, 7, 15</td> <td>1-18</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2006-203131 A（株式会社デンソー） 03.08.2006（2006-08-03） 段落0021-0031, 0041-0045, 図1, 3, 4</td> <td>1-18</td> </tr> </tbody> </table> <p><input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</p> <p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</p> <p>“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</p> <p>“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）</p> <p>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</p> <p>“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</p> <p>“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</p> <p>“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</p> <p>“&” 同一パテントファミリー文献</p>			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	WO 2020/213254 A1（富士電機株式会社） 22.10.2020（2020-10-22） 段落0022-0088, 図1-5	17, 18	A		1-16	A	WO 2018/052099 A1（富士電機株式会社） 22.03.2018（2018-03-22） 段落0075-0078, 図7A-7C	1-18	A	JP 2019-004060 A（富士電機株式会社） 10.01.2019（2019-01-10） 段落0076-0080, 図9-11	1-18	A	JP 2000-031484 A（シリコニックス・インコーポレイテッド） 28.01.2000（2000-01-28） 段落0023-0025, 0033-0034, 図3, 4, 7, 15	1-18	A	JP 2006-203131 A（株式会社デンソー） 03.08.2006（2006-08-03） 段落0021-0031, 0041-0045, 図1, 3, 4	1-18
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	WO 2020/213254 A1（富士電機株式会社） 22.10.2020（2020-10-22） 段落0022-0088, 図1-5	17, 18																					
A		1-16																					
A	WO 2018/052099 A1（富士電機株式会社） 22.03.2018（2018-03-22） 段落0075-0078, 図7A-7C	1-18																					
A	JP 2019-004060 A（富士電機株式会社） 10.01.2019（2019-01-10） 段落0076-0080, 図9-11	1-18																					
A	JP 2000-031484 A（シリコニックス・インコーポレイテッド） 28.01.2000（2000-01-28） 段落0023-0025, 0033-0034, 図3, 4, 7, 15	1-18																					
A	JP 2006-203131 A（株式会社デンソー） 03.08.2006（2006-08-03） 段落0021-0031, 0041-0045, 図1, 3, 4	1-18																					
<p>国際調査を完了した日</p> <p>06.12.2022</p>	<p>国際調査報告の発送日</p> <p>27.12.2022</p>																						
<p>名称及びあて先</p> <p>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</p>	<p>権限のある職員（特許庁審査官）</p> <p>恩田 和彦 5F 5896</p> <p>電話番号 03-3581-1101 内線 3516</p>																						

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/JP2022/038340

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2020/213254	A1	22.10.2020	US	2021/0234027	A1	
					段落0042-0108, 図1-5		
				EP	3843132	A1	
				CN	112823414	A	
WO	2018/052099	A1	22.03.2018	US	2018/0366548	A1	
					段落0101-0104, 図7A-7C		
				DE	112017000727	T5	
				CN	108780809	A	
JP	2019-004060	A	10.01.2019	US	2018/0366578	A1	
					段落0110-0115, 図9-11		
JP	2000-031484	A	28.01.2000	US	6204533	B1	
					第5欄第8行-第50行, 第6欄第54-第65行, 図3, 4, 7, 10B		
				EP	962987	A2	
JP	2006-203131	A	03.08.2006	(ファミリーなし)			