

(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 2 2階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

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

添付公開書類:

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

lower end of the trench portion; and the diode portion is provided between the transistor portion in close proximity to the breakdown voltage structure portion and the breakdown voltage structure portion as seen in a top view.

(57) 要約: トランジスタ部およびダイオード部を有する活性部と、活性部の外周に設けられた耐圧構造部とを備え、トランジスタ部は、半導体基板に設けられた第1導電型のドリフト領域と、ドリフト領域の上方に設けられた第2導電型のベース領域と、半導体基板のおもて面からドリフト領域まで延伸するトレンチ部と、トレンチ部の下端に設けられた第2導電型のトレンチボトム部とを有し、ダイオード部は、上面視において、耐圧構造部に近接するトランジスタ部と、耐圧構造部との間に設けられる、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] 特許文献1には、IGBTセルの少なくとも一部が、第2の導電型の電氣的に浮遊するバリア領域を含むことが記載されている。

[先行技術文献]

[特許文献]

[特許文献1] 特開2019-91892号公報

解決しようとする課題

[0003] このようなバリア領域が半導体基板に設けられたウェル領域と接していると、ターンオン特性が低下する。

一般的開示

[0004] 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、トランジスタ部およびダイオード部を有する活性部と、活性部の外周に設けられた耐压構造部とを備え、トランジスタ部は、半導体基板に設けられた第1導電型のドリフト領域と、ドリフト領域の上方に設けられた第2導電型のベース領域と、半導体基板のおもて面からドリフト領域まで延伸するトレンチ部と、トレンチ部の下端に設けられた第2導電型のトレンチボトム部とを有し、ダイオード部は、上面視において、耐压構造部に近接するトランジスタ部と、耐压構造部との間に設けられる。

[0005] トレンチボトム部は、電氣的に浮遊していてよい。

[0006] トレンチボトム部のドーピング濃度は、ドリフト領域のドーピング濃度よりも大きく、ベース領域のドーピング濃度よりも小さくてよい。

[0007] トレンチボトム部のドーピング濃度は、 $1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ 以上、 $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ 以下であってよい。

- [0008] トレンチボトム部はダイオード部に設けられていなくてよい。
- [0009] 半導体装置は、耐压構造部において、半導体基板の裏面側に第1導電型のカソード領域をさらに備えてよい。
- [0010] 半導体装置は、活性部において、半導体基板の上方に設けられたエミッタ電極と、
ダイオード部の少なくとも一部から耐压構造部にわたって、半導体基板に設けられた第2導電型のウェル領域とをさらに備え、ダイオード部において、ウェル領域はエミッタ電極から離間してよい。
- [0011] 半導体装置は、半導体基板のおもて面において、ウェル領域を覆う層間絶縁膜をさらに備え、ダイオード部において、層間絶縁膜は、上面視において、ウェル領域よりも $10\mu\text{m}$ 以上 $30\mu\text{m}$ 以下、半導体基板の内側に延伸してよい。
- [0012] トランジスタ部は、トレンチボトム部の上方に設けられた第1導電型の蓄積領域をさらに有し、蓄積領域は、ダイオード部には設けられていなくてよい。
- [0013] トランジスタ部およびダイオード部は、ドリフト領域の上方に設けられた第1導電型の蓄積領域をさらに有してよい。
- [0014] 半導体装置は、蓄積領域とトレンチボトム部との間にドリフト領域をさらに備えてよい。
- [0015] なお、上記の発明の概要は、本発明の特徴の全てを列挙したものではない。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

- [0016] [図1]本実施形態に係る半導体装置100の上面の一例を示す図である。
[図2A]半導体装置100の上面の一例を示す拡大図である。
[図2B]図2Aにおけるa-a'断面を示す図である。
[図2C]図2Aにおけるb-b'断面を示す図である。
[図2D]図2Aにおけるc-c'断面を示す図である。
[図2E]図2Aにおけるd-d'断面を示す図である。

[図2F]図2Aにおけるa-a'断面の別例を示す図である。

[図2G]図2Aにおけるa-a'断面の別例を示す図である。

[図3A]比較例に係る半導体装置200の上面の一例を示す拡大図である。

[図3B]図3Aにおけるe-e'断面を示す図である。

[図4]半導体装置100および半導体装置200の耐圧波形を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0017] 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。

[0018] 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」または「おもて」、他方の側を「下」または「裏」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、一方の面をおもて面、他方の面を裏面と称する。「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。

[0019] 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。

[0020] 本明細書では、半導体基板のおもて面および裏面に平行な直交軸をX軸およびY軸とする。また、半導体基板のおもて面および裏面と垂直な軸を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、半導体基板のおもて面および裏面に平行な方向を、水平方向と称する場合がある。

[0021] 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。

[0022] 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型のアクセプタの何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。

[0023] 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。

[0024] 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。

[0025] 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。

[0026] 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濃度を指す。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。

[0027] 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。

[0028] 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。

[0029] 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。

[0030] 図1は、本実施形態に係る半導体装置100の上面の一例を示す図である。図1においては、各部材を半導体基板10のおもて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。

- [0031] 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、上面視において端辺102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のおもて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102を有する。図1においては、X軸およびY軸は、何れかの端辺102と平行である。またZ軸は、半導体基板10のおもて面と垂直である。
- [0032] 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のおもて面と裏面との間で、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。
- [0033] 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と、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の少なくとも一方が設けられている。図1の例では、トランジスタ部70およびダイオード部80は、半導体基板10のおもて面における所定の配列方向(本例ではX軸方向)に沿って、交互に配置されている。
- [0034] 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、後述する各トレンチ部の長手方向とは同一であってよい。
- [0035] トランジスタ部70は、半導体基板10の裏面と接する領域に、P+型のコレクタ領域を有する。ダイオード部80は、半導体基板10の裏面と接する領域に、N+型のカソード領域を有する。本明細書では、コレクタ領域が設けられた領域を、トランジスタ部70と称する。つまりトランジスタ部7

0は、上面視においてコレクタ領域と重なる領域である。

- [0036] 半導体基板10の裏面には、コレクタ領域以外の領域には、N+型のカソード領域が設けられてよい。本明細書では、トランジスタ部70を後述するゲートランナーまでY軸方向に延長した延長領域の下面にはカソード領域が設けられている。本明細書では、延長領域はダイオード部80に含まれる。また、トランジスタ部70は、半導体基板10のおもて面側に、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。
- [0037] 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。一例として、図1に示す半導体装置100はゲートパッドGを有するが、これは例示に過ぎない。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102の近傍に配置されている。端辺102の近傍とは、上面視における端辺102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。
- [0038] ゲートパッドGには、ゲート電位が印加される。ゲートパッドGは、活性部160のゲートトレンチ部の導電部と電氣的に接続される。半導体装置100は、ゲートパッドGとゲートトレンチ部とを電氣的に接続するゲートランナー48を備える。
- [0039] ゲートランナー48は、上面視において活性部160と半導体基板10の端辺102との間に配置されている。本例のゲートランナー48は、上面視において活性部160を囲んでいる。上面視においてゲートランナー48に囲まれた領域を活性部160としてもよい。
- [0040] ゲートランナー48は、半導体基板10の上方に配置されている。本例のゲートランナー48は、不純物がドーブされたポリシリコン等で形成されてよい。ゲートランナー48は、ゲートトレンチ部の内部にゲート絶縁膜を介して設けられたゲート導電部と電氣的に接続する。

- [0041] 本例の半導体装置100は、活性部160の外周に設けられた耐压構造部190を備える。本例の耐压構造部190は、ゲートランナー48と端辺102との間に配置されている。耐压構造部190は、半導体基板10のおもて面側の電界集中を緩和する。
- [0042] 耐压構造部190は、ガードリング92を有してよい。ガードリング92は、半導体基板10のおもて面と接するP型の領域である。なお、本例の耐压構造部190は複数のガードリング92を有するが、図1では省略して1つのガードリング92のみが示されている。複数のガードリング92を設けることで、活性部160の上面側における空乏層を外側に伸ばすことができ、半導体装置100の耐压を向上できる。耐压構造部190は、活性部160を囲んで環状に設けられた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更に備えていてもよい。
- [0043] 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と同様な動作をする不図示の電流検出部を備えてもよい。
- [0044] 図2Aは、半導体装置100の上面の一例を示す拡大図である。図2Aは、図1に示す領域A、すなわち、活性部160と耐压構造部190との境界近傍を示す。半導体装置100は、IGBT等のトランジスタ素子を含むトランジスタ部70と、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とを有する半導体基板を備える。
- [0045] 本例のトランジスタ部70およびダイオード部80は、配列方向(本例ではX軸方向)に沿って交互に配置されている。ダイオード部80は、上面視において、耐压構造部190に近接するトランジスタ部70と、耐压構造部190との間に設けられる。つまり、活性部160の最も外側にはダイオード部80が配置されている。なお、本明細書では、単に「内側」および「外側」と称した場合、半導体装置100の中心に向かう方向が内側、離れる方向が外側を指す。
- [0046] 本例の半導体装置100は、半導体基板のおもて面側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。

[0047] また、本例の半導体装置100は、半導体基板のおもて面の上方に設けられたゲート金属層50およびエミッタ電極52を備える。ゲート金属層50およびエミッタ電極52は、互いに分離して設けられる。ゲート金属層50とエミッタ電極52とは、電氣的に絶縁される。

[0048] エミッタ電極52およびゲート金属層50と、半導体基板のおもて面との間には層間絶縁膜が設けられるが、図2A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49、54および56が、当該層間絶縁膜を貫通して設けられる。図2Aにおいては、それぞれのコンタクトホールに斜線のハッチングを付している。

[0049] 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54によって、半導体基板のおもて面におけるエミッタ領域12、ベース領域14およびコンタクト領域15と電氣的に接続する。

[0050] また、エミッタ電極52は、コンタクトホール56によっ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とダミー導電部との間には、不純物がドーパされたポリシリコン等の、導電性を有する材料で形成された接続部25が設けられてよい。接続部25は、層間絶縁膜およびダミートレンチ部30のダミー絶縁膜等の絶縁膜を介して半導体基板のおもて面に設けられる。

[0051] ゲート金属層50は、コンタクトホール49によってゲートランナー48と電氣的に接続する。ゲートランナー48は、不純物がドーパされたポリシリコン等で形成されてよい。ゲートランナー48は、半導体基板のおもて面において、ゲートトレンチ部40内のゲート導電部に接続する。ゲートランナー48は、ダミートレンチ部30内のダミー導電部およびエミッタ電極5

2には電氣的に接続しない。

- [0052] ゲートランナー48とエミッタ電極52とは層間絶縁膜および酸化膜などの絶縁物により電氣的に分離される。本例のゲートランナー48は、コンタクトホール49の下方から、ゲートトレンチ部40の先端部まで設けられる。ゲートトレンチ部40の先端部においてゲート導電部は半導体基板のおもて面に露出しており、ゲートランナー48と接続する。
- [0053] エミッタ電極52およびゲート金属層50は、金属を含む導電性材料で形成される。例えば、アルミニウムまたはアルミニウムを主成分とした合金（例えば、アルミニウム-シリコン合金等）で形成される。各電極は、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。
- [0054] 各電極は、コンタクトホール内においてタングステン等で形成されたプラグを有してもよい。プラグは、半導体基板に接する側にバリアメタルを有し、バリアメタルに接するようにタングステンを埋め込み、タングステン上にアルミニウム等で形成されてよい。
- [0055] なおプラグは、コンタクト領域15またはベース領域14に接するコンタクトホールに設けられる。また、プラグのコンタクトホールの下にはP++型のプラグ領域を形成し、コンタクト領域15よりドーピング濃度が高い。これは、バリアメタルとコンタクト領域15との接触抵抗を改善することができる。また、プラグ領域の深さは約0.1 μm 以下であり、コンタクト領域15の深さと比べて10%以下と小さい領域を持つ。
- [0056] プラグ領域は以下の特徴をもつ。トランジスタ部70の動作において、接触抵抗改善によりラッチアップ耐量が向上する。一方、ダイオード部80の動作においては、プラグ領域がない場合はバリアメタルとベース領域14との接触抵抗が高く、導通損失、スイッチング損失が上昇するが、にプラグ領域を設けることにより、導通損失、スイッチング損失の上昇を抑制することができる。
- [0057] ウェル領域11は、ゲートランナー48と重なって、活性部160の外周

を延伸し、上面視で環状に設けられている。ウェル領域 11 は、ゲートランナー 48 と重ならない範囲にも、所定の幅で延伸し、上面視で環状に設けられている。本例のウェル領域 11 は、コンタクトホール 54 の Y 軸方向の端から、ゲートランナー 48 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。ゲートランナー 48 は、ウェル領域 11 と電氣的に絶縁される。

[0058] 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。また、ウェル領域 11 は、半導体基板のおもて面から、ベース領域 14 の下端よりも深い位置まで形成されている。ベース領域 14 は、トランジスタ部 70 およびダイオード部 80 において、ウェル領域 11 に接して設けられている。よって、ウェル領域 11 はエミッタ電極 52 と電氣的に接続される。

[0059] トランジスタ部 70 およびダイオード部 80 のそれぞれは、配列方向に複数配列された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 以上のゲートトレンチ部 40 が設けられている。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。

[0060] 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。

[0061] 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てよい。2 つの直線部分 39 の Y 軸方向における端部同士を先端部 41 がゲートランナー 48 と接続することで、ゲートトレンチ部 40 へのゲート電極として機能する。一方、先端部 41 を曲線状にすることにより直線部分 39 で完結するよりも、端部における電界集中を緩和できる。

[0062] 他の例においては、トランジスタ部 70 は、配列方向に沿って 1 以上のゲートトレンチ部 40 と 1 以上のダミートレンチ部 30 とが交互に設けられてもよい。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。

[0063] またそれぞれの直線部分39の間には、ダミートレンチ部30が設けられなくてもよく、ゲートレンチ部40が設けられてもよい。このような構造により、エミッタ領域12からの電子電流を増大することができるため、オン電圧が低減する。

[0064] 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2Aに示した半導体装置100は、先端部31を有するダミートレンチ部30のみが配列されているが、他の例においては、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を含んでもよい。

[0065] ウェル領域11の拡散深さは、ゲートレンチ部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、各レンチ部のY軸方向の端部において、各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。また、X軸方向の端部に設けられるレンチ部は、ウェル領域11に覆われてもよい。これにより、各レンチ部の当該底部における電界集中を緩和できる。

[0066] 配列方向において各レンチ部の間には、メサ部が設けられている。メサ部は、半導体基板の内部において、レンチ部に挟まれた領域を指す。一例としてメサ部の深さ位置は、半導体基板のおもて面からレンチ部の下端までである。

[0067] 本例のメサ部は、X軸方向において隣接するレンチ部に挟まれ、半導体基板のおもて面において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。図2Bで後述するように、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が設けられて

いる。本明細書において単にメサ部と称した場合、メサ部60およびメサ部61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。それぞれのメサ部には、上面視においてベース領域14に挟まれた領域に、第1導電型のエミッタ領域12および第2導電型のコンタクト領域15の少なくとも一方が設けられてよい。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と半導体基板のおもて面との間に設けられてよい。

[0069] トランジスタ部70のメサ部は、半導体基板のおもて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に接するメサ部には、半導体基板のおもて面に露出したコンタクト領域15が設けられている。

[0070] メサ部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のメサ部には、エミッタ領域12が設けられていない。ダイオード部80のメサ部の上面には、ベース領域14が設けられてよい。ベース領域14は、ダイオード部80のメサ部全体に配置されてよい。

[0073] それぞれのメサ部の上方には、コンタクトホール54が設けられている。コンタクトホール54は、その延伸方向（Y軸方向）においてベース領域14に挟まれた領域に配置されている。本例のコンタクトホール54は、コンタクト領域15、ベース領域14およびエミッタ領域12の各領域の上方に

設けられる。コンタクトホール54は、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。

[0074] ダイオード部80において、半導体基板の裏面と隣接する領域には、N+型のカソード領域82が設けられる。半導体基板の裏面において、カソード領域82が設けられていない領域には、P+型のコレクタ領域22が設けられてよい。図2Aにおいては、カソード領域82およびコレクタ領域22の境界を点線で示している。耐圧構造部190においても、半導体基板の裏面側にN+型のカソード領域82が設けられてよい。

[0075] 図2Bは、図2Aにおけるa-a'断面を示す図である。a-a'断面は、コンタクト領域15、ベース領域14、並びにゲートトレンチ部40およびダミートレンチ部30を通るXZ面である。本例の半導体装置100は、a-a'断面において、半導体基板10、層間絶縁膜38、エミッタ電極52およびコレクタ電極24を有する。

[0076] 層間絶縁膜38は、半導体基板10のおもて面21に設けられている。層間絶縁膜38は、ボロン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である。層間絶縁膜38はおもて面21に接してよく、層間絶縁膜38とおもて面21との間に酸化膜等の他の膜が設けられていてもよい。層間絶縁膜38には、図2Aにおいて説明したコンタクトホール54が設けられている。

[0077] エミッタ電極52は、半導体基板10のおもて面21および層間絶縁膜38の上面に設けられる。エミッタ電極52は、層間絶縁膜38のコンタクトホール54によって、おもて面21と電氣的に接続する。コンタクトホール54の内部には、タングステン（W）等のプラグ領域17が設けられてよい。コレクタ電極24は、半導体基板10の裏面23に設けられる。エミッタ電極52およびコレクタ電極24は、金属を含む材料またはそれらの積層膜で形成される。

[0078] 半導体基板10は、シリコン基板であってよく、炭化シリコン基板であってよく、窒化ガリウム等の窒化物半導体基板等であってもよい。本例の半導

体基板 10 はシリコン基板である。

- [0079] 半導体基板 10 は、第 1 導電型のドリフト領域 18 を有する。本例のドリフト領域 18 は、N 型である。ドリフト領域 18 は、半導体基板 10 において他のドーピング領域が設けられずに残存した領域であってよい。
- [0080] トランジスタ部 70 において、ドリフト領域 18 の上方には、Z 軸方向に一つ以上の蓄積領域 16 が設けられてよい。蓄積領域 16 は、ドリフト領域 18 と同じドーパントが、ドリフト領域 18 よりも高濃度に蓄積した領域である。蓄積領域 16 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。
- [0081] 本例の蓄積領域 16 は、N 型である。蓄積領域 16 は、トランジスタ部 70 において、ベース領域 14 と後述するトレンチボトム部 75 との間に設けられていてよい。蓄積領域 16 は、トランジスタ部 70 のみに設けられていてもよく、トランジスタ部 70 およびダイオード部 80 の両方に設けられていてもよい。蓄積領域 16 を設けることで、キャリアの注入促進効果（IE 効果）を高めて、オン電圧を低減できる。
- [0082] トランジスタ部 70 において、ベース領域 14 の上方には、おもて面 21 に接してエミッタ領域 12 が設けられる。エミッタ領域 12 は、ゲートトレンチ部 40 と接して設けられる。エミッタ領域 12 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。エミッタ領域 12 のドーパントは、一例としてヒ素（As）、リン（P）、アンチモン（Sb）等である。
- [0083] ダイオード部 80 には、おもて面 21 に露出したベース領域 14 が設けられる。ダイオード部 80 のベース領域 14 は、アノードとして動作する。
- [0084] ドリフト領域 18 の下方には、第 1 導電型のバッファ領域 20 が設けられてよい。本例のバッファ領域 20 は、N 型である。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、ベース領域 14 の下面側から広がる空乏層が、コレクタ領域 22 およびカソード領域 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。

- [0085] トランジスタ部70において、バッファ領域20の下方にはコレクタ領域22が設けられる。コレクタ領域22は、裏面23においてカソード領域82と接して設けられていてよい。
- [0086] ダイオード部80において、バッファ領域20の下方にはカソード領域82が設けられる。カソード領域82は、トランジスタ部70のコレクタ領域22と同じ深さに設けられてよい。ダイオード部80は、トランジスタ部70がターンオフする時に、逆方向に導通する還流電流を流す還流ダイオード(FWD)として機能してよい。
- [0087] 半導体基板10には、ゲートトレンチ部40およびダミートレンチ部30が設けられる。ゲートトレンチ部40およびダミートレンチ部30は、おもて面21からベース領域14および蓄積領域16を貫通して、ドリフト領域18に到達するように設けられる。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。
- [0088] ゲートトレンチ部40は、おもて面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、酸化膜または窒化膜で形成してよい。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よりも内側を埋め込むように設けられる。ゲート導電部44の上面は、おもて面21と同じXY平面内にある。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、不純物がドーピングされたポリシリコン等で形成される。
- [0089] 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。ゲートトレンチ部40は、おもて面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に所定の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に接する界面の表層に、電子の反転層によるチャネルが形成される。

[0090] ダミートレンチ部30は、XZ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、おもて面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。ダミー絶縁膜32は、酸化膜または窒化膜で形成してよい。ダミー導電部34は、ダミートレンチの内部においてダミー絶縁膜32よりも内側を埋め込むように設けられる。ダミー導電部34の上面は、おもて面21と同じXY平面内においてよい。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。

[0091] 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、おもて面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。

[0092] トランジスタ部70は、トレンチ部の下端に設けられたP型のトレンチボトム部75を有する。本例のトレンチボトム部75は、蓄積領域16より下方に設けられている。半導体基板10の深さ方向において、トレンチボトム部75の下端は、ゲートトレンチ部40の底部より下方に位置してよい。換言すると、トレンチボトム部75は、ゲートトレンチ部40の底部を覆っていてよい。

[0093] トレンチボトム部75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大きく、ベース領域14のドーピング濃度よりも小さい。トレンチボトム部75のドーピング濃度は、 $1 \text{ E } 12 \text{ cm}^{-3}$ 以上、 $1 \text{ E } 13 \text{ cm}^{-3}$ 以下である。

[0094] 図2Bでは、トレンチボトム部75のX軸方向正側（ダイオード部80側）の端部は、カソード領域82およびコレクタ領域22の境界と一致してい

るが、これよりもダイオード部80側に延伸していてもよく、トランジスタ部70内に後退していてもよい。

- [0095] トレンチボトム部75は、電氣的に浮遊するフローティング層であってよい。本明細書において、フローティング層とは、エミッタ電極52等のいずれの電極とも電氣的に接続されていない層をいう。トレンチボトム部75を設けることにより、トランジスタ部70のターンオン特性が向上する。また、トレンチボトム部75を設けることにより、ゲートトレンチ部40の底部における電界集中を緩和し、アバランシェ耐量を向上させる。
- [0096] 図2Cは、図2Aにおけるb-b'断面を示す図である。b-b'断面は、活性部160および耐圧構造部190の境界近傍において、エミッタ領域12、コンタクト領域15、ベース領域14、並びにゲートトレンチ部40およびダミートレンチ部30を通るXZ面である。
- [0097] 本例のダイオード部80は、上面視において、耐圧構造部190に近接するトランジスタ部70と、耐圧構造部190との間に設けられる。つまり、活性部160の最も耐圧構造部190側にはダイオード部80が配置されている。
- [0098] 上述したように、本例のトランジスタ部70はトレンチボトム部75を有する。活性部160の最も外側にトランジスタ部70を設ける場合、トランジスタ部70の一部にトレンチボトム部75を設けず、エミッタ電極52と電氣的に接続されたウェル領域11からトレンチボトム部75を離間させる必要がある。例えば、トランジスタ部70において、耐圧構造部190側の端部から一定の範囲にトレンチボトム部75を設けない場合、トレンチボトム部75の減少量に応じてターンオン特性が低下する。
- [0099] 本例では、活性部160の最も外側にダイオード部80を配置することにより、トランジスタ部70の全体にトレンチボトム部75を設けることができるので、ターンオン特性を向上させることができる。
- [0100] また、トランジスタ部70の全体にトレンチボトム部75を設けることにより、トランジスタ部70の耐圧が向上する。これにより、半導体装置10

0全体の耐圧が向上し、ラッチアップ耐量が向上する。

- [0101] 本例のダイオード部80では、ウェル領域11はエミッタ電極52から離間している。本例では、層間絶縁膜38をウェル領域11とエミッタ電極52との間に設けることにより、ウェル領域11およびエミッタ電極52を絶縁することができる。
- [0102] 層間絶縁膜38は、上面視において、耐圧構造部190から、活性部160の最も外側に設けられたダイオード部80の一部にわたって延伸している。図2Cにおいて、層間絶縁膜38の端部とウェル領域11の端部との間の距離Lは、 $10\mu\text{m}$ 以上 $30\mu\text{m}$ 以下であってよい。
- [0103] ウェル領域11の端部には、半導体装置100の逆回復時に電流が集中しやすい。そこで、ダイオード部80におけるエミッタ電極52とのコンタクトをウェル領域11の端部から離間させることにより、逆回復耐量を向上させることができる。
- [0104] トランジスタ部70は、ベース領域14とトレンチボトム部75との間にN型の蓄積領域16を有する。蓄積領域16は、トランジスタ部70のみに設けられ、ダイオード部80には設けられなくてよい。
- [0105] あるいは、蓄積領域16は、トランジスタ部70およびダイオード部80の両方に設けられてもよい。蓄積領域16を設けることで、キャリアの注入促進効果（IE効果）を高めて、オン電圧を低減できる。
- [0106] 耐圧構造部190において、半導体基板10の裏面23側には、N型のカソード領域82が設けられてよい。つまり、ダイオード部80から耐圧構造部190にわたって、半導体基板10の裏面23側にはカソード領域82が連続的に活性部160の外周を囲むように設けられてよい。
- [0107] 図2Dは、図2Aにおけるc-c'断面を示す図である。c-c'断面は、活性部160のY軸負側端部近傍において、ダイオード部80に設けられたベース領域14およびコンタクト領域15を通るYZ面である。
- [0108] 本例では、活性部160の最も外側にダイオード部80が設けられている。ダイオード部80では、半導体基板10のおもて面21にコンタクト領域

15が設けられている。また、ダイオード部80では、コンタクト領域15のY軸方向外側に、ベース領域14が半導体基板10のおもて面21に露出している。つまり、上面視において、ダイオード部80では、Y軸方向において、コンタクト領域15がベース領域14に挟まれている。

[0109] 活性部160のY軸負側端部近傍には、ウェル領域11が設けられている。ウェル領域11の拡散深さは、ベース領域14より深い。ウェル領域11は、ベース領域14の底部を部分的に覆うようにY軸方向に延伸してよい。

[0110] 図2Eは、図2Aにおけるd-d'断面を示す図である。d-d'断面は、活性部160のY軸負側端部近傍において、トランジスタ部70に設けられたエミッタ領域12、ベース領域14およびコンタクト領域15を通るYZ面である。また、d-d'断面は、トランジスタ部70をY軸方向に延長した延長領域を通る。延長領域の下面にはカソード領域が設けられている。つまり、上面視において、トランジスタ部70は、Y軸方向においてダイオード部80に挟まれている。

[0111] トランジスタ部70では、半導体基板10のおもて面21に、エミッタ領域12およびコンタクト領域15が設けられている。また、トランジスタ部70では、コンタクト領域15のY軸方向外側に、ベース領域14が半導体基板10のおもて面21に露出している。つまり、上面視において、トランジスタ部70では、Y軸方向において、エミッタ領域12およびコンタクト領域15がベース領域14に挟まれている。

[0112] トランジスタ部70において、ドリフト領域18の上方に、蓄積領域16およびトレンチボトム部75が設けられている。トレンチボトム部75は、蓄積領域16より下方に設けられている。トレンチボトム部75は、蓄積領域16の下面と接して設けられてよい。

[0113] 図2Fは、図2Aにおけるa-a'断面の別例を示す図である。a-a'断面は、図2Bと同様にコンタクト領域15、ベース領域14、並びにゲートトレンチ部40およびダミートレンチ部30を通るXZ面である。本例の半導体装置100は、a-a'断面において、半導体基板10、層間絶縁膜38

、エミッタ電極 52 およびコレクタ電極 24 を有する。

- [0114] トランジスタ部 70 のトレンチ部の下端に設けられたトレンチボトム部 75 は、半導体基板 10 の深さ方向において、蓄積領域 16 より厚さが薄いことが図 2 B と異なる。
- [0115] 本例のトレンチボトム部 75 の下端は、ゲートトレンチ部 40 の底部より下方に位置し、ゲートトレンチ部 40 の底部を覆っている。トレンチボトム部 75 は、電氣的に浮遊するフローティング層であってよい。
- [0116] 図 2 F では、トレンチボトム部 75 の X 軸方向正側（ダイオード部 80 側）の端部は、カソード領域 82 およびコレクタ領域 22 の境界と一致しているが、これよりもダイオード部 80 側に延伸していてもよく、トランジスタ部 70 内に後退していてもよい。本例は、図 2 B と同様な効果を得ることができる。
- [0117] 図 2 G は、図 2 A における a - a' 断面の別例を示す図である。a - a' 断面は、図 2 B と同様にコンタクト領域 15、ベース領域 14、並びにゲートトレンチ部 40 およびダミートレンチ部 30 を通る XZ 面である。本例の半導体装置 100 は、a - a' 断面において、半導体基板 10、層間絶縁膜 38、エミッタ電極 52 およびコレクタ電極 24 を有する。
- [0118] トレンチボトム部 75 は、蓄積領域 16 と離間して、すなわち、蓄積領域 16 とトレンチボトム部 75 との間にドリフト領域 18 が介在するように設けられている点が図 2 B、図 2 F と異なる。
- [0119] トレンチボトム部 75 は半導体基板 10 の深さ方向において、蓄積領域 16、または、蓄積領域 16 とトレンチボトム部 75 との間のドリフト領域 18 より厚さが薄くてもよい。
- [0120] 図 2 G では、トレンチボトム部 75 の X 軸方向正側（ダイオード部 80 側）の端部は、カソード領域 82 およびコレクタ領域 22 の境界と一致しているが、これよりもダイオード部 80 側に延伸していてもよく、トランジスタ部 70 内に後退していてもよい。本例は、図 2 B と同様な効果を得ることができる。

- [0121] 図3Aは、比較例に係る半導体装置200の上面の一例を示す拡大図である。図3Aは、図2Aと同様に、図1に示す領域A、すなわち、活性部160と耐圧構造部190との境界近傍を示す。半導体装置200において、半導体装置100と共通する部材については同じ符号が付されている。
- [0122] 半導体装置200のトランジスタ部70は、上面視において、耐圧構造部190に近接するダイオード部80と、耐圧構造部190との間に設けられる。つまり、図2Aと異なり、活性部160の最も外側にはトランジスタ部70が配置されている。また、ウェル領域11の上方には、コンタクトホール54が設けられている。したがって、ウェル領域11は、図示しないエミッタ電極52と電氣的に接続されている。
- [0123] 図3Bは、図3Aにおけるe-e'断面を示す図である。e-e'断面は、エミッタ領域12、コンタクト領域15、ベース領域14、並びにゲートトレンチ部40およびダミートレンチ部30を通るXZ面である。
- [0124] 上述したように、半導体装置200において、活性部160の最も外側にはトランジスタ部70が配置されている。また、耐圧構造部190において、半導体基板10の裏面23側には、P型のコレクタ領域22が設けられている。つまり、トランジスタ部70から耐圧構造部190にわたって、半導体基板10の裏面23側にはコレクタ領域22が連続的に設けられている。
- [0125] 半導体装置200のトランジスタ部70は、トレンチボトム部75を有する。ただし、活性部160の最も外側に設けられたトランジスタ部70全体にトレンチボトム部75を設けると、トレンチボトム部75がウェル領域11と接触する。ウェル領域11は、エミッタ電極52と電氣的に接続されているので、トレンチボトム部75はエミッタ電位に固定され、電流を流すことができない。
- [0126] そのため、活性部160の最も外側に設けられたトランジスタ部70において、耐圧構造部190側には、トレンチボトム部75が設けられていない。これにより、エミッタ電極52と電氣的に接続されたウェル領域11からトレンチボトム部75を離間させている。したがって、半導体装置200は

、半導体装置100よりもトレンチボトム部75が小さいため、その差分に応じてターンオン特性が低下する。また、半導体装置200の耐圧も半導体装置100より低くなり、ラッチアップ耐量が低下する。

[0127] 図4は、半導体装置100および半導体装置200の耐圧波形を示すグラフである。一般に、デバイスの耐圧は、電流が集中しやすいトレンチ部底部の耐圧によって決まる。IGBTは負性抵抗を有するので、電流 I_c が増大するほど電圧 V_{ce} が減少し、トレンチ部底部のような同じ場所に電流が集中する。一方で、FWDは、電流 I_c が増大すると電圧も増大するため、電流が一か所に集中しない。

[0128] IGBTの耐圧はFWDの耐圧より低いので、RC-IGBTの耐圧は、FWDの耐圧によって決まる。IGBTは内在する寄生サイリスタの影響で、電流集中によりアバランシェが発生するとラッチアップのおそれがある。一方で、FWDには寄生サイリスタが内在しないので、電流集中によりアバランシェが発生してもラッチアップのおそれがない。

[0129] 図4において、実線は半導体装置200のトランジスタ部70の耐圧波形を示し、一点鎖線はダイオード部80の耐圧波形を示す。半導体装置200において、トランジスタ部70の耐圧はダイオード部80の耐圧より低いので、半導体装置200の耐圧は、トランジスタ部70の耐圧によって決まる。

[0130] 一方で、半導体装置100のトランジスタ部70は、半導体装置200のトランジスタ部70と異なり、トレンチボトム部75が全体に設けられているので、その差分に応じて半導体装置200のトランジスタ部70よりも耐圧が上昇する。破線は、半導体装置100のトランジスタ部70の耐圧波形を示す。半導体装置100のトランジスタ部70の耐圧波形は、半導体装置200のトランジスタ部70の耐圧波形を耐圧の上昇分だけ右側に平行移動している。

[0131] 半導体装置100のダイオード部80にはトレンチボトム部75が設けられていないので、半導体装置100のダイオード部80の耐圧は半導体装置

200と同じである。図4に示すように、半導体装置100において、トランジスタ部70の耐圧がダイオード部80の耐圧よりも高くなったことにより、半導体装置100の耐圧は、ダイオード部80の耐圧によって決まる。

[0132] 半導体装置100の耐圧波形は、図4の一点鎖線、すなわちダイオード部80の耐圧波形に従う。これに対し、半導体装置200の耐圧波形は、図4の実線、すなわちトランジスタ部70の耐圧波形に従う。このように、半導体装置100の耐圧は半導体装置200の耐圧よりも高くなり、また、ダイオード部80ではアバランシェが発生してもラッチアップのおそれがないので、アバランシェ耐量が向上する。

[0133] 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。

[0134] 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

[0135] 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・・・プラグ領域、18・・・ドリフト領域、20・・・バッファ領域、21・・・おもて面、22・・・コレクタ領域、23・・・裏面、24・・・コレクタ電極、25・・・接続部、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 . . . ゲートトレンチ部、 41 . . . 先端部、 42 . . . ゲート絶縁膜、 44 . . . ゲート導電部、 48 . . . ゲートランナー、 49 . . . コンタクトホール、 50 . . . ゲート金属層、 52 . . . エミッタ電極、 54 . . . コンタクトホール、 56 . . . コンタクトホール、 60 . . . メサ部、 61 . . . メサ部、 70 . . . トランジスタ部、 75 . . . トレンチボトム部、 80 . . . ダイオード部、 82 . . . カソード領域、 92 . . . ガードリング、 100 . . . 半導体装置、 102 . . . 端辺、 160 . . . 活性部、 190 . . . 耐圧構造部、 200 . . . 半導体装置

請求の範囲

- [請求項1] トランジスタ部およびダイオード部を有する活性部と、前記活性部の外周に設けられた耐压構造部とを備え、前記トランジスタ部は、半導体基板に設けられた第1導電型のドリフト領域と、前記ドリフト領域の上方に設けられた第2導電型のベース領域と、前記半導体基板のおもて面から前記ドリフト領域まで延伸するトレンチ部と、前記トレンチ部の下端に設けられた第2導電型のトレンチボトム部とを有し、前記ダイオード部は、上面視において、前記耐压構造部に近接するトランジスタ部と、前記耐压構造部との間に設けられる半導体装置。
- [請求項2] 前記トレンチボトム部は、電氣的に浮遊している請求項1に記載の半導体装置。
- [請求項3] 前記トレンチボトム部のドーピング濃度は、前記ドリフト領域のドーピング濃度よりも大きく、前記ベース領域のドーピング濃度よりも小さい請求項1または2に記載の半導体装置。
- [請求項4] 前記トレンチボトム部のドーピング濃度は、 $1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ 以上、 $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ 以下である請求項3に記載の半導体装置。
- [請求項5] 前記トレンチボトム部は前記ダイオード部に設けられていない請求項1から4の何れか一項に記載の半導体装置。
- [請求項6] 前記耐压構造部において、前記半導体基板の裏面側に第1導電型のカソード領域をさらに備える

請求項 1 から 5 の何れか一項に記載の半導体装置。

[請求項7] 前記活性部において、前記半導体基板の上方に設けられたエミッタ電極と、

前記ダイオード部の少なくとも一部から前記耐压構造部にわたって、前記半導体基板に設けられた第 2 導電型のウェル領域とをさらに備え、

前記ダイオード部において、前記ウェル領域は前記エミッタ電極から離間している

請求項 1 から 6 の何れか一項に記載の半導体装置。

[請求項8] 前記半導体基板のおもて面において、前記ウェル領域を覆う層間絶縁膜をさらに備え、

前記ダイオード部において、前記層間絶縁膜は、上面視において、前記ウェル領域よりも $10\ \mu\text{m}$ 以上 $30\ \mu\text{m}$ 以下、前記半導体基板の内側に延伸している

請求項 7 に記載の半導体装置。

[請求項9] 前記トランジスタ部は、前記トレンチボトム部の上方に設けられた第 1 導電型の蓄積領域をさらに有し、

前記蓄積領域は、前記ダイオード部には設けられていない

請求項 1 から 8 の何れか一項に記載の半導体装置。

[請求項10] 前記トランジスタ部および前記ダイオード部は、前記ドリフト領域の上方に設けられた第 1 導電型の蓄積領域をさらに有する

請求項 1 から 8 の何れか一項に記載の半導体装置。

[請求項11] 前記蓄積領域と前記トレンチボトム部との間に前記ドリフト領域をさらに備える

請求項 9 または 10 に記載の半導体装置。

補正された請求の範囲
[2022年5月17日(17.05.2022)国際事務局受理]

- [請求項1] トランジスタ部およびダイオード部を有する活性部と、
前記活性部の外周に設けられた耐圧構造部と
を備え、
前記トランジスタ部は、
半導体基板に設けられた第1導電型のドリフト領域と、
前記ドリフト領域の上方に設けられた第2導電型のベース領域と、
前記半導体基板のおもて面から前記ドリフト領域まで延伸するトレンチ部と、
前記トレンチ部の下端に設けられた第2導電型のトレンチボトム部
と
を有し、
前記ダイオード部は、上面視において、前記耐圧構造部に近接する
トランジスタ部と、前記耐圧構造部との間に設けられる
半導体装置。
- [請求項2] (補正後)
前記トランジスタ部は複数の前記トレンチ部を有し、
前記トレンチボトム部は、隣接する前記トレンチ部の一方から他方
まで延伸して設けられている
請求項1に記載の半導体装置。
- [請求項3] (補正後)
前記ダイオード部の少なくとも一部から前記耐圧構造部にわたって、
前記半導体基板に設けられた第2導電型のウェル領域をさらに備え、
上面視において、前記トレンチボトム部のトレンチ配列方向におけ
る端部は、前記ウェル領域のトレンチ配列方向における端部から離間
している
請求項1または2に記載の半導体装置。

- [請求項4] (補正後)
前記トレンチボトム部は、電氣的に浮遊している
請求項1から3の何れか一項に記載の半導体装置。
- [請求項5] (補正後)
前記トレンチボトム部のドーピング濃度は、前記ドリフト領域のドーピング濃度よりも大きく、前記ベース領域のドーピング濃度よりも小さい
請求項1から4の何れか一項に記載の半導体装置。
- [請求項6] (補正後)
前記トレンチボトム部のドーピング濃度は、 $1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ 以上、 $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ 以下である
請求項5に記載の半導体装置。
- [請求項7] (補正後)
前記トレンチボトム部は前記ダイオード部に設けられていない
請求項1から6の何れか一項に記載の半導体装置。
- [請求項8] (補正後)
前記耐圧構造部において、前記半導体基板の裏面側に第1導電型のカソード領域をさらに備える
請求項1から7の何れか一項に記載の半導体装置。
- [請求項9] (補正後)
前記活性部において、前記半導体基板の上方に設けられたエミッタ電極と、
前記ダイオード部の少なくとも一部から前記耐圧構造部にわたって、前記半導体基板に設けられた第2導電型のウェル領域と
をさらに備え、
前記ダイオード部において、前記ウェル領域は前記エミッタ電極から離間している
請求項1から8の何れか一項に記載の半導体装置。

[請求項10] (補正後)

前記半導体基板のおもて面において、前記ウェル領域を覆う層間絶縁膜をさらに備え、

前記ダイオード部において、前記層間絶縁膜は、上面視において、前記ウェル領域よりも10 μm 以上30 μm 以下、前記半導体基板の内側に延伸している

請求項9に記載の半導体装置。

[請求項11] (補正後)

前記トランジスタ部は、前記トレンチボトム部の上方に設けられた第1導電型の蓄積領域をさらに有し、

前記蓄積領域は、前記ダイオード部には設けられていない

請求項1から10の何れか一項に記載の半導体装置。

[請求項12] (追加)

前記トランジスタ部および前記ダイオード部は、前記ドリフト領域の上方に設けられた第1導電型の蓄積領域をさらに有する

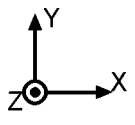
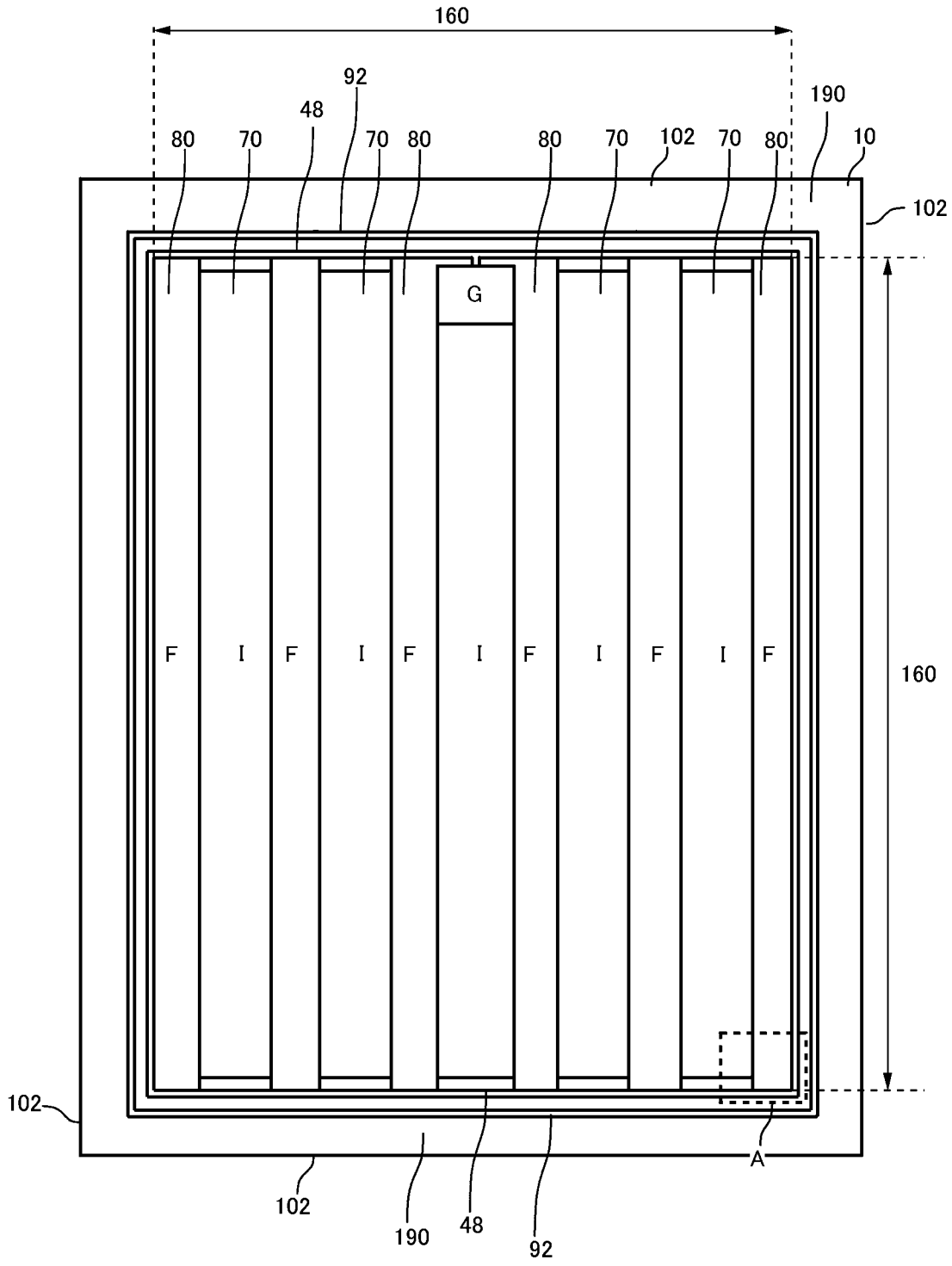
請求項1から10の何れか一項に記載の半導体装置。

[請求項13] (追加)

前記蓄積領域と前記トレンチボトム部との間に前記ドリフト領域をさらに備える

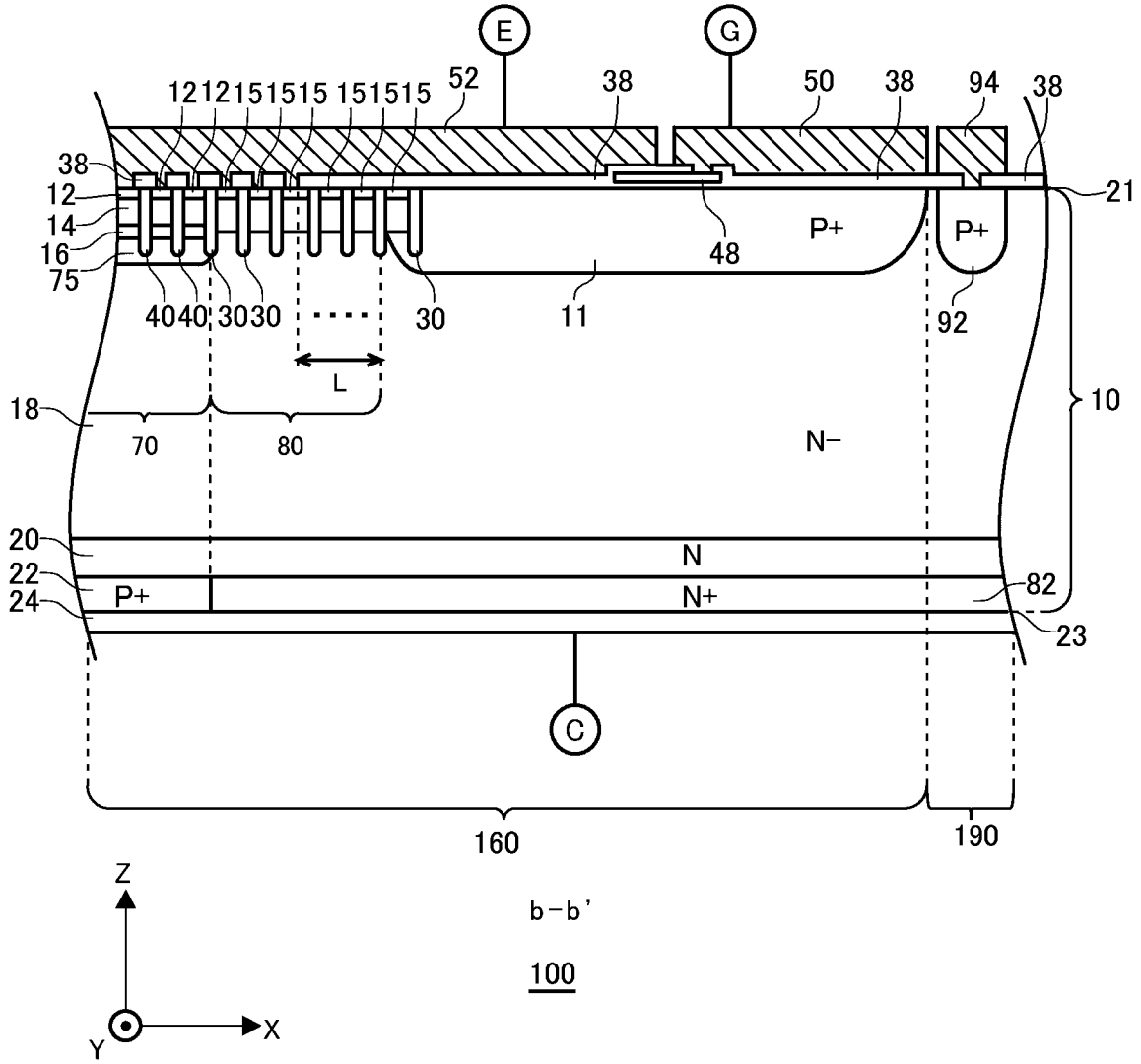
請求項11または12に記載の半導体装置。

[図1]

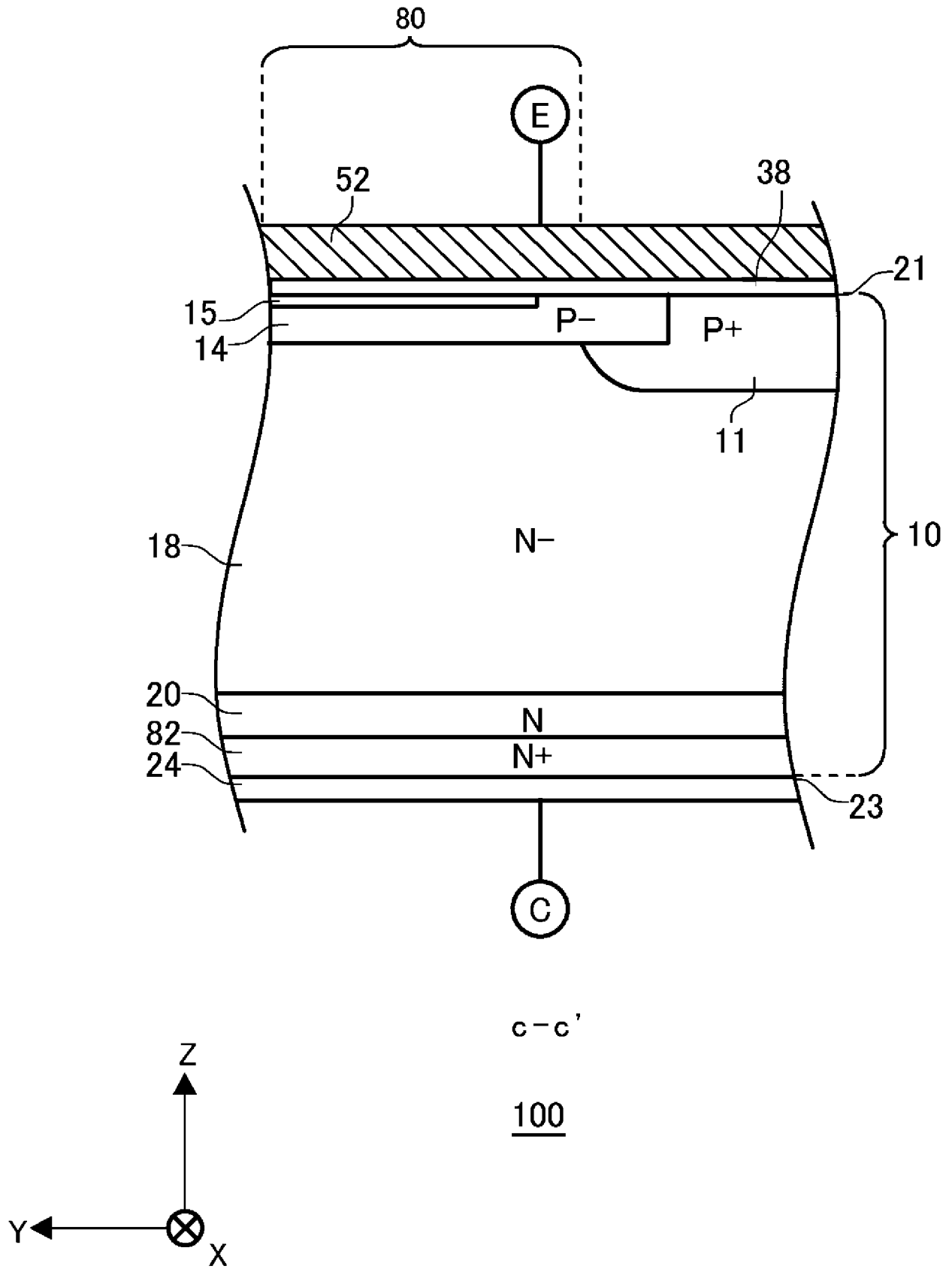


100

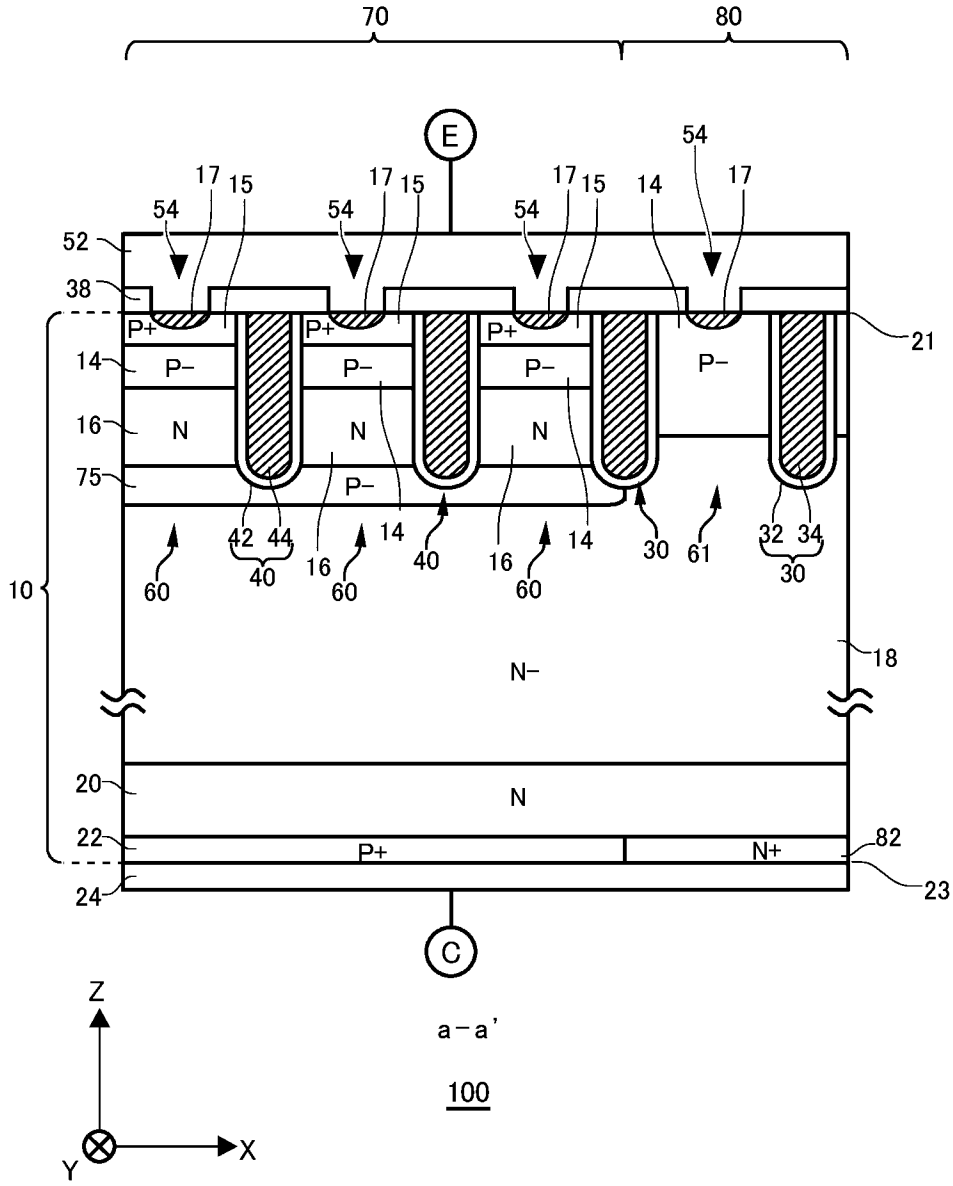
[図2C]



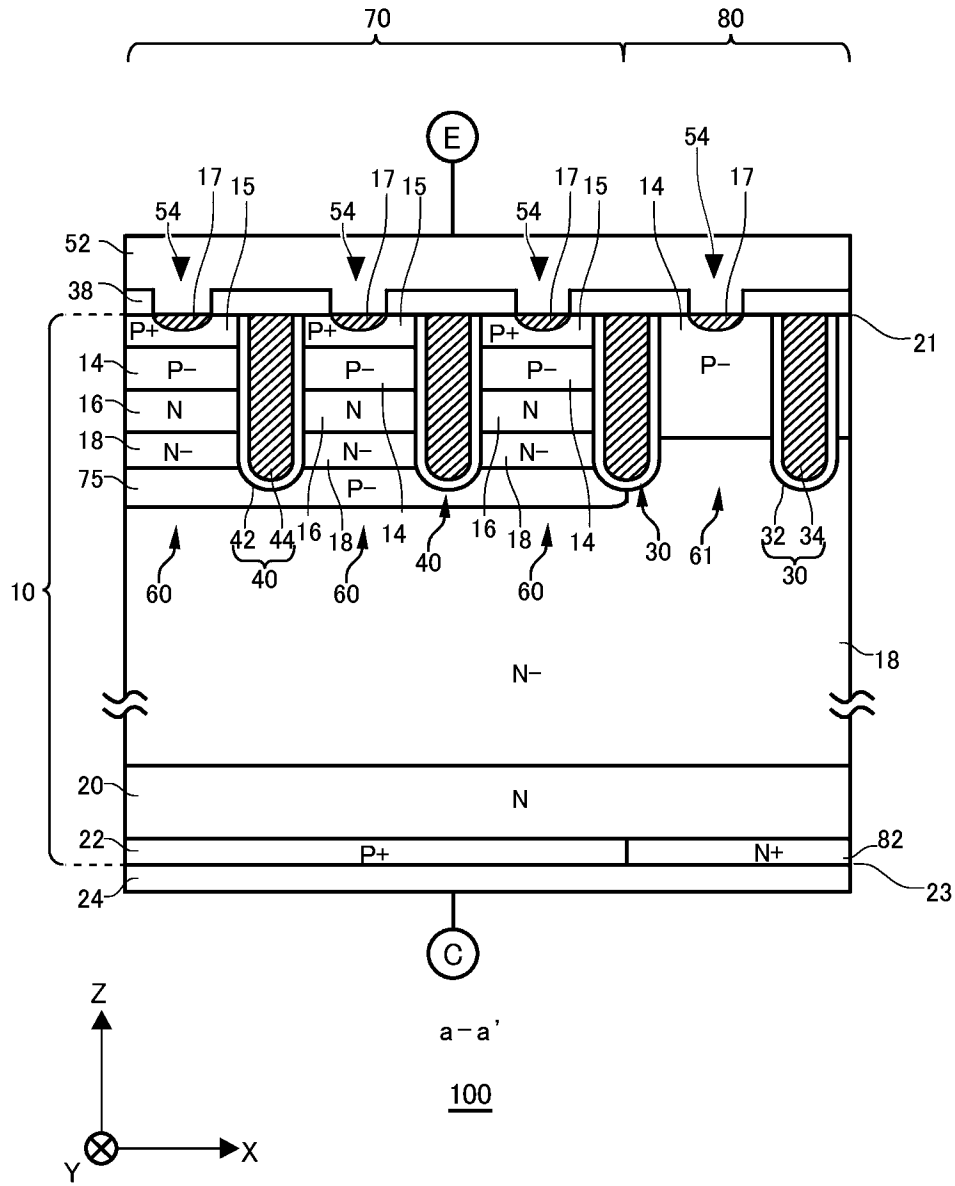
[図2D]



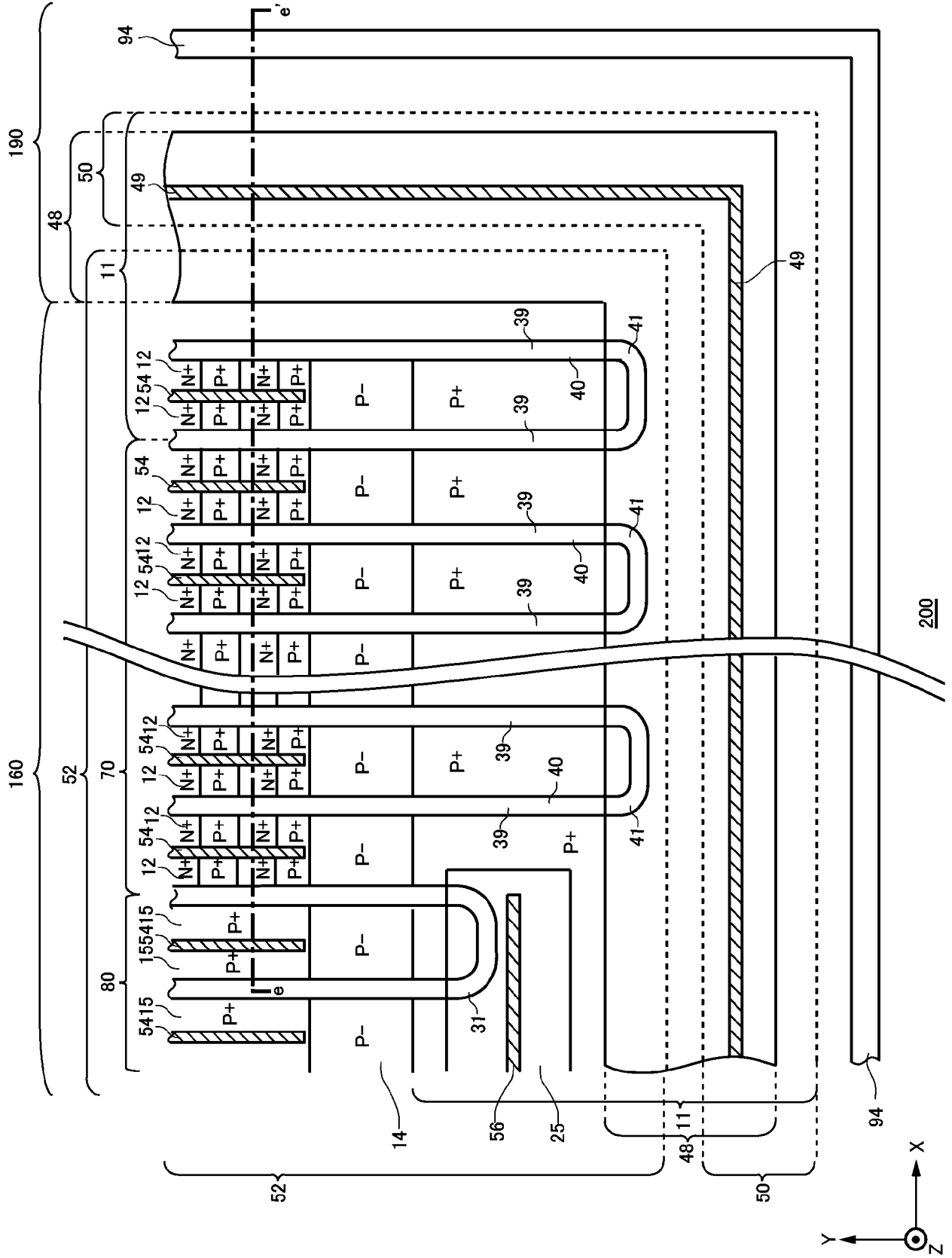
[図2F]



[図2G]



[3A]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/045100

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<p>H01L 21/8234(2006.01)i; H01L 27/06(2006.01)i; H01L 29/06(2006.01)i; H01L 21/336(2006.01)i; H01L 29/78(2006.01)i; H01L 29/12(2006.01)i; H01L 29/739(2006.01)i; H01L 29/861(2006.01)i; H01L 29/868(2006.01)i</p> <p>FI: H01L29/78 655F; H01L29/78 652H; H01L29/78 652D; H01L29/78 652J; H01L29/78 652M; H01L29/78 652P; H01L29/78 652Q; H01L29/78 652T; H01L29/78 653A; H01L29/78 655G; H01L29/78 657D; H01L29/91 C; H01L29/91 F; H01L29/06 301G; H01L29/06 301V; H01L27/06 102A; H01L29/78 301D; H01L29/78 301V</p> <p>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
H01L21/8234; H01L27/06; H01L29/06; H01L21/336; H01L29/78; H01L29/12; H01L29/739; H01L29/861; H01L29/868		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
<p>Published examined utility model applications of Japan 1922-1996</p> <p>Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022</p> <p>Registered utility model specifications of Japan 1996-2022</p> <p>Published registered utility model applications of Japan 1994-2022</p>		
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.
Y	JP 2021-028930 A (FUJI ELECTRIC CO LTD) 25 February 2021 (2021-02-25)	1-6, 9-11
A	paragraphs [0025]-[0121], fig. 7	7-8
Y	JP 2005-142243 A (TOYOTA MOTOR CORP) 02 June 2005 (2005-06-02)	1-6, 9-11
A	paragraphs [0084]-[0086], fig. 21, 25	7-8
Y	JP 2019-161126 A (FUJI ELECTRIC CO LTD) 19 September 2019 (2019-09-19)	6, 9-11
A	paragraph [0093], fig. 1a	1-5, 7-8
Y	JP 2020-115596 A (FUJI ELECTRIC CO LTD) 30 July 2020 (2020-07-30)	9, 11
A	paragraph [0051], fig. 2	1-8, 10
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
05 January 2022		18 January 2022
Name and mailing address of the ISA/JP		Authorized officer
Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/045100

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2016-162855 A (HITACHI LTD) 05 September 2016 (2016-09-05)	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/045100

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2021-028930	A	25 February 2021	US 2021/0043758 A1 paragraphs [0039]-[0136], fig. 7 CN 112349766 A	
JP	2005-142243	A	02 June 2005	US 2006/0289928 A1 paragraphs [0123]-[0126], fig. 25, 29 EP 1671374 A2 KR 10-2006-0083215 A	
JP	2019-161126	A	19 September 2019	US 2019/0288060 A1 paragraph [0158], fig. 1a	
JP	2020-115596	A	30 July 2020	US 2018/0350961 A1 paragraph [0104], fig. 2 CN 108604594 A	
JP	2016-162855	A	05 September 2016	(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 21/8234(2006.01)i; H01L 27/06(2006.01)i; H01L 29/06(2006.01)i; H01L 21/336(2006.01)i; H01L 29/78(2006.01)i; H01L 29/12(2006.01)i; H01L 29/739(2006.01)i; H01L 29/861(2006.01)i; H01L 29/868(2006.01)i FI: H01L29/78 655F; H01L29/78 652H; H01L29/78 652D; H01L29/78 652J; H01L29/78 652M; H01L29/78 652P; H01L29/78 652Q; H01L29/78 652T; H01L29/78 653A; H01L29/78 655G; H01L29/78 657D; H01L29/91 C; H01L29/91 F; H01L29/06 301G; H01L29/06 301V; H01L27/06 102A; H01L29/78 301D; H01L29/78 301V</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>H01L21/8234; H01L27/06; H01L29/06; H01L21/336; H01L29/78; H01L29/12; 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>Y A</td> <td>JP 2021-028930 A（富士電機株式会社）25.02.2021（2021 - 02 - 25） 段落[0025]-[0121], 図7</td> <td>1-6, 9-11 7-8</td> </tr> <tr> <td>Y A</td> <td>JP 2005-142243 A（トヨタ自動車株式会社）02.06.2005（2005 - 06 - 02） 段落[0084]-[0086], 図21, 25</td> <td>1-6, 9-11 7-8</td> </tr> <tr> <td>Y A</td> <td>JP 2019-161126 A（富士電機株式会社）19.09.2019（2019 - 09 - 19） 段落[0093], 図1a</td> <td>6, 9-11 1-5, 7-8</td> </tr> <tr> <td>Y A</td> <td>JP 2020-115596 A（富士電機株式会社）30.07.2020（2020 - 07 - 30） 段落[0051], 図2</td> <td>9, 11 1-8, 10</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" 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> <table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</td> <td>“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</td> <td></td> </tr> </table>			引用文献の カテゴリー*	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	Y A	JP 2021-028930 A（富士電機株式会社）25.02.2021（2021 - 02 - 25） 段落[0025]-[0121], 図7	1-6, 9-11 7-8	Y A	JP 2005-142243 A（トヨタ自動車株式会社）02.06.2005（2005 - 06 - 02） 段落[0084]-[0086], 図21, 25	1-6, 9-11 7-8	Y A	JP 2019-161126 A（富士電機株式会社）19.09.2019（2019 - 09 - 19） 段落[0093], 図1a	6, 9-11 1-5, 7-8	Y A	JP 2020-115596 A（富士電機株式会社）30.07.2020（2020 - 07 - 30） 段落[0051], 図2	9, 11 1-8, 10	* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの	“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの	“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	“&” 同一パテントファミリー文献	“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	
引用文献の カテゴリー*	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																											
Y A	JP 2021-028930 A（富士電機株式会社）25.02.2021（2021 - 02 - 25） 段落[0025]-[0121], 図7	1-6, 9-11 7-8																											
Y A	JP 2005-142243 A（トヨタ自動車株式会社）02.06.2005（2005 - 06 - 02） 段落[0084]-[0086], 図21, 25	1-6, 9-11 7-8																											
Y A	JP 2019-161126 A（富士電機株式会社）19.09.2019（2019 - 09 - 19） 段落[0093], 図1a	6, 9-11 1-5, 7-8																											
Y A	JP 2020-115596 A（富士電機株式会社）30.07.2020（2020 - 07 - 30） 段落[0051], 図2	9, 11 1-8, 10																											
* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの																												
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの																												
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの																												
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	“&” 同一パテントファミリー文献																												
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献																													
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献																													
<p>国際調査を完了した日</p> <p>05.01.2022</p>	<p>国際調査報告の発送日</p> <p>18.01.2022</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>西出 隆二 5F 4815</p> <p>電話番号 03-3581-1101 内線 3516</p>																												

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2016-162855 A (株式会社日立製作所) 05.09.2016 (2016 - 09 - 05)	1-11

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/JP2021/045100

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2021-028930 A	25.02.2021	US 2021/0043758 A1 段落[0039]-[0136], 図7 CN 112349766 A	
JP 2005-142243 A	02.06.2005	US 2006/0289928 A1 段落[0123]-[0126], 図25, 29 EP 1671374 A2 KR 10-2006-0083215 A	
JP 2019-161126 A	19.09.2019	US 2019/0288060 A1 段落[0158], 図1a	
JP 2020-115596 A	30.07.2020	US 2018/0350961 A1 段落[0104], 図2 CN 108604594 A	
JP 2016-162855 A	05.09.2016	(ファミリーなし)	