

(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
2024年10月3日(03.10.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/204492 A1

(51) 国際特許分類:

H01L 29/78 (2006.01) H01L 29/06 (2006.01)
H01L 21/265 (2006.01) H01L 29/12 (2006.01)
H01L 21/336 (2006.01) H01L 29/739 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2024/012559

(22) 国際出願日: 2024年3月28日(28.03.2024)

(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 2023-056619 2023年3月30日(30.03.2023) JP

(71) 出願人: ローム株式会社 (ROHM CO., LTD.)
[JP/JP]; 〒6158585 京都府京都市右京区西院
溝崎町2-1番地 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 和栗 一 (WAGURI, Rogosu); 〒6158585
京都府京都市右京区西院溝崎町2-1番地

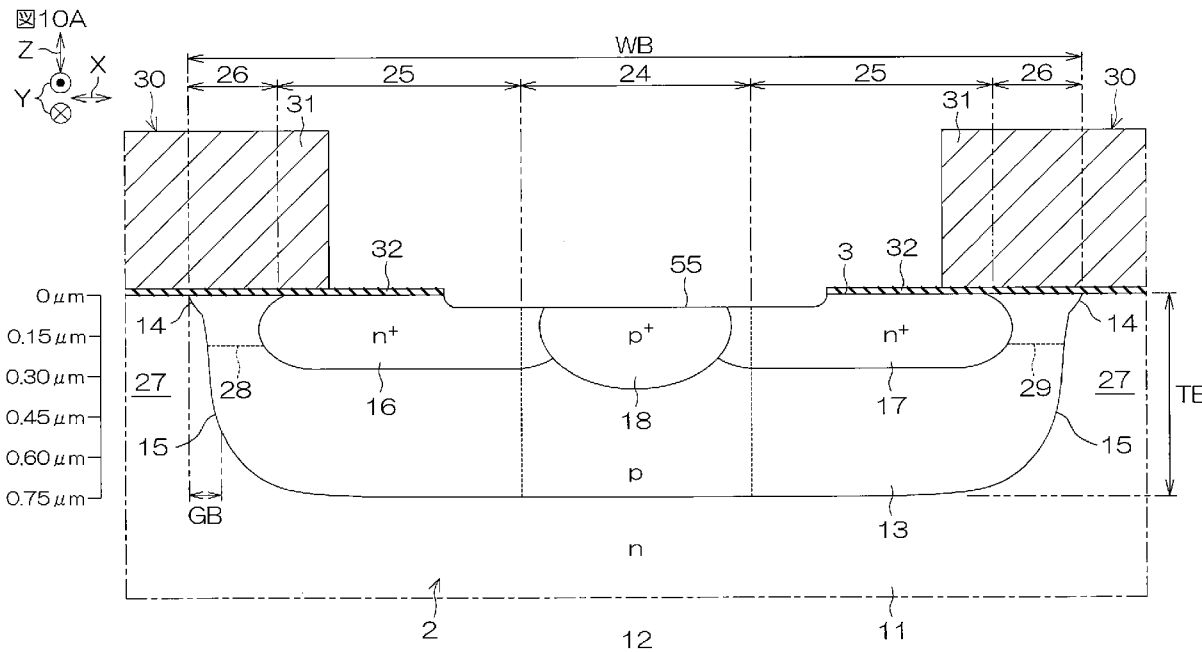
ローム株式会社内 Kyoto (JP). 中野 佑紀
(NAKANO, Yuki); 〒6158585 京都府京都市右
京区西院溝崎町2-1番地 ローム株式会社内
Kyoto (JP). 森 誠悟 (MORI, Seigo); 〒6158585
京都府京都市右京区西院溝崎町2-1番地
ローム株式会社内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人 あい 特許
事務所 (AI ASSOCIATION OF PATENT AND
TRADEMARK ATTORNEYS); 〒5410059 大阪
府大阪市中央区博労町三丁目2番8号 岩
田東急ビル8階 Osaka (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, 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,

(54) Title: SEMICONDUCTOR DEVICE AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 発明の名称: 半導体装置およびその製造方法



(57) Abstract: This semiconductor device comprises: a chip having a main surface; a first-conductivity-type drift region formed in a surface layer part of the main surface; and a second-conductivity-type body region that is formed in a tapered shape on the surface layer part of the drift region such that the width in the horizontal direction decreases toward the thickness direction, and that has a peripheral edge part inclined in an oblique direction with respect to the main surface.

KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU,
LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, SC, 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))

(57) 要約：半導体装置は、主面を有するチップと、前記主面の表層部に形成された第1導電型のドリフト領域と、水平方向の幅が厚さ方向に向けて減少するように前記ドリフト領域の表層部に先細り形状に形成され、前記主面に対して斜め方向に傾斜した周縁部を有する第2導電型のボディ領域と、を含む。

明 細 書

発明の名称：半導体装置およびその製造方法

技術分野

[0001] この出願は、2023年3月30日に日本国特許庁に提出された特許出願2023-056619号に基づく優先権を主張しており、この出願の全内容はここに引用により組み込まれる。本開示は、半導体装置およびその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1（US2013/0193447A1）は、ボディ領域を備えた半導体装置を開示している。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：米国特許出願公開第2013/0193447号明細書

[0004] [概要]

本開示は、新規な構成を有する半導体装置およびその製造方法を提供する。

[0005] 本開示は、主面を有するチップと、前記主面の表層部に形成された第1導電型のドリフト領域と、水平方向の幅が厚さ方向に向けて減少するように前記ドリフト領域の表層部に先細り形状に形成され、前記主面に対して斜め方向に傾斜した周縁部を有する第2導電型のボディ領域と、を含む、半導体装置を提供する。

[0006] 本開示は、主面を有するチップと、前記主面の表層部に形成された第1導電型のドリフト領域と、前記ドリフト領域の表層部に形成された第2導電型のボディ領域と、前記ボディ領域の表層部に形成され、前記ボディ領域の不純物濃度よりも高い不純物濃度を有する第2導電型のコンタクト領域と、を含み、前記ボディ領域は、前記コンタクト領域よりも下方の厚さ範囲に形成された高濃度領域、および、前記厚さ範囲において前記高濃度領域に対して

周縁側の領域に形成された低濃度領域を含む、半導体装置を提供する。

[0007] 本開示は、主面の表層部に第1導電型のドリフト領域を有するウエハを用意する工程と、水平方向の注入範囲が厚さ方向に減少するように前記ドリフト領域の表層部に第2導電型の不純物を注入し、前記主面に対して斜め方向に傾斜した周縁部を有する第2導電型のボディ領域を形成する工程と、を含む、半導体装置の製造方法を提供する。

[0008] 上述のまたはさらに他の目的、特徴および効果は、添付図面を参照する詳細な説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]図1は、第1形態に係る半導体装置を示す平面図である。

[図2]図2は、図1に示すII-II線に沿う断面図である。

[図3]図3は、第1主面のレイアウト例を示す平面図である。

[図4]図4は、第1主面の要部を示す拡大平面図である。

[図5]図5は、第1主面の更なる要部を示す拡大平面図である。

[図6]図6は、図5に示すVI-VI線に沿う断面図である。

[図7]図7は、図6に示す領域の要部を示す拡大断面図である。

[図8]図8は、図5に示すVIII-VIII線に沿う断面図である。

[図9]図9は、図8に示す領域の要部を示す拡大断面図である。

[図10A]図10Aは、第1形態例に係るボディ構造を示す拡大断面図である。

[図10B]図10Bは、第2形態例に係るボディ構造を示す拡大断面図である。

[図10C]図10Cは、第3形態例に係るボディ構造を示す拡大断面図である。

[図10D]図10Dは、第4形態例に係るボディ構造を示す拡大断面図である。

[図10E]図10Eは、第5形態例に係るボディ構造を示す拡大断面図である。

[図10F]図10Fは、第6形態例に係るボディ構造を示す拡大断面図である。

[図11A]図11Aは、ボディ構造の第1領域内の濃度勾配を示すグラフである。

。

[図11B]図11Bは、ボディ構造の第2領域内の濃度勾配を示すグラフである。

。

[図12]図12は、半導体装置の製造に使用されるウエハを示す概略図である。

[図13A]図13Aは、半導体装置の製造方法を示す断面図である。

[図13B]図13Bは、図13Aの後の工程を示す断面図である。

[図13C]図13Cは、図13Bの後の工程を示す断面図である。

[図13D]図13Dは、図13Cの後の工程を示す断面図である。

[図13E]図13Eは、図13Dの後の工程を示す断面図である。

[図13F]図13Fは、図13Eの後の工程を示す断面図である。

[図13G]図13Gは、図13Fの後の工程を示す断面図である。

[図13H]図13Hは、図13Gの後の工程を示す断面図である。

[図14]図14は、参考例に係るボディ構造を示す拡大断面図である。

[図15A]図15Aは、参考例に係るボディ構造の第1領域内の濃度勾配を示すグラフである。

[図15B]図15Bは、参考例に係るボディ構造の第2領域内の濃度勾配を示すグラフである。

[図16]図16は、第2形態に係る半導体装置を示す断面図である。

[図17]図17は、フィールド領域の変形例を示す断面図である。

[図18]図18は、ソースパッド電極の第1変形例を示す断面図である。

[図19]図19は、ソースパッド電極の第2変形例を示す断面図である。

[0010] [詳細な説明]

以下、添付図面を参照して、具体的な形態が詳細に説明される。添付図面は、いずれも模式図であり、厳密に図示されたものではなく、相対的な位置関係、縮尺、比率、角度等は必ずしも一致しない。添付図面の間で対応する構造には同一の参照符号が付され、重複する説明は省略または簡略化される。説明が省略または簡略化された構造については、省略または簡略化される前になされた説明が適用される。

[0011] この明細書において「ほぼ (substantially)」の文言が使用される場合、この文言は、比較対象の数値 (形態) と等しい数値 (形態) を含む他、比較

対象の数値（形態）を基準とする±10%の範囲の数値誤差（形態誤差）も含む。以下の説明では「第1」、「第2」、「第3」等の文言が使用されるが、これらは説明順序を明確にするために各構造の名称に付された記号であり、各構造の名称を限定する趣旨で付されていない。

[0012] 以下の説明では、「p型」または「n型」を用いて半導体（不純物）の導電型が示されるが、「p型」が「第1導電型」と称され、「n型」が「第2導電型」と称されてもよい。むしろ、「n型」が「第1導電型」と称され、「p型」が「第2導電型」と称されてもよい。「p型」は3価元素に起因する導電型であり、「n型」は5価元素に起因する導電型である。3価元素は、ホウ素、アルミニウム、ガリウムおよびインジウムのうちの少なくとも1種である。5価元素は、窒素、リン、ヒ素、アンチモンおよびビスマスのうちの少なくとも1種である。

[0013] 図1は、第1形態に係る半導体装置1Aを示す平面図である。図2は、図1に示すII-II線に沿う断面図である。図3は、第1主面3のレイアウト例を示す平面図である。図4は、第1主面3の要部を示す拡大平面図である。図5は、第1主面3の更なる要部を示す拡大平面図である。図6は、図5に示すVI-VI線に沿う断面図である。図7は、図6に示す領域の要部を示す拡大断面図である。図8は、図5に示すVIII-VIII線に沿う断面図である。図9は、図8に示す領域の要部を示す拡大断面図である。

[0014] 図1～図9を参照して、半導体装置1Aは、デバイス構造の一例としての絶縁ゲート型のトランジスタ構造Trを有する半導体スイッチング装置である。トランジスタ構造Trは、縦型構造を有している。半導体装置1Aは、SiC単結晶を含むチップ2を有するSiC半導体装置である。チップ2は、「SiCチップ」または「半導体チップ」と称されてもよい。

[0015] チップ2は、この形態（this embodiment）では、六方晶のSiC単結晶からなり、直方体形状に形成されている。六方晶のSiC単結晶は、2H（Hexagonal）-SiC単結晶、4H-SiC単結晶、6H-SiC単結晶等を含む複数種のポリタイプを有している。この形態では、チップ2が4H-Si

C単結晶からなる例が示されるが、チップ2は他のポリタイプからなっているてもよい。

[0016] チップ2は、一方側の第1主面3、他方側の第2主面4、ならびに、第1主面3および第2主面4を接続する第1～第4側面5A～5Dを有している。第1主面3および第2主面4は、鉛直方向Zから見た平面視（以下、単に「平面視」という。）において四角形状に形成されている。鉛直方向Zは、チップ2の厚さ方向や第1主面3（第2主面4）の法線方向でもある。第1主面3および第2主面4は、平面視において正形状または長形状に形成されているてもよい。

[0017] 第1主面3および第2主面4は、SiC単結晶のc面によって形成されていることが好ましい。この場合、第1主面3はSiC単結晶のシリコン面（ (0001) 面）によって形成され、第2主面4はSiC単結晶のカーボン面（ $(000-1)$ 面）によって形成されていることが好ましい。

[0018] 第1側面5Aおよび第2側面5Bは、第1主面3に沿う第1方向Xに延び、第1主面3に沿って第1方向Xに交差する第2方向Yに対向している。具体的には、第2方向Yは、第1方向Xに直交している。第3側面5Cおよび第4側面5Dは、第2方向Yに延び、第1方向Xに対向している。

[0019] この形態では、第1方向XがSiC単結晶のm軸方向（ $[1-100]$ 方向）であり、第2方向YがSiC単結晶のa軸方向（ $[11-20]$ 方向）である。むろん、第1方向XがSiC単結晶のa軸方向であり、第2方向YがSiC単結晶のm軸方向であってもよい。以下では、第1主面3に沿って延びる方向が「水平方向」と表現されることがある。水平方向は、第1方向Xおよび第2方向Yによって形成されるXY平面（水平面）でもあり、鉛直方向Zに直交している。

[0020] チップ2（第1主面3および第2主面4）は、SiC単結晶のc面に対して所定のオフ方向に所定の角度で傾斜したオフ角を有している。つまり、SiC単結晶のc軸（ (0001) 軸）は、鉛直軸からオフ方向に向けてオフ角分だけ傾斜している。また、SiC単結晶のc面は、水平面に対してオフ

角分だけ傾斜している。

- [0021] オフ方向は、S i C単結晶のa軸方向（つまり第2方向Y）であることが好ましい。オフ角は、 0° を超えて 10° 以下であってもよい。オフ角は、 0° を超えて 1° 以下、 1° 以上 2.5° 以下、 2.5° 以上 5° 以下、 5° 以上 7.5° 以下、および、 7.5° 以上 10° 以下のうちの少なくとも1つの範囲に属する値を有していてもよい。
- [0022] オフ角は、 5° 以下であることが好ましい。オフ角は、 2° 以上 4.5° 以下であることが特に好ましい。オフ角は、典型的には、 $4^{\circ} \pm 0.1^{\circ}$ の範囲に設定される。この明細書は、オフ角が 0° である形態（つまり、第1主面3がc面に対してジャスト面である形態）を除外しない。
- [0023] チップ2は、この形態では、第1半導体層6および第2半導体層7を含む積層構造を有している。第1半導体層6は、S i C単結晶（半導体単結晶）を含む基板（S i C基板）からなり、前述のオフ方向およびオフ角を有している。第1半導体層6は、第2主面4を形成し、第1～第4側面5A～5Dの一部を形成している。
- [0024] 第1半導体層6は、 $10\mu\text{m}$ 以上 $500\mu\text{m}$ 以下の厚さを有していてもよい。第1半導体層6の厚さは、 $10\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下、 $50\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下、 $100\mu\text{m}$ 以上 $150\mu\text{m}$ 以下、 $150\mu\text{m}$ 以上 $200\mu\text{m}$ 以下、 $200\mu\text{m}$ 以上 $300\mu\text{m}$ 以下、 $300\mu\text{m}$ 以上 $400\mu\text{m}$ 以下、および、 $400\mu\text{m}$ 以上 $500\mu\text{m}$ 以下のうちの少なくとも1つの範囲に属する値を有していてもよい。
- [0025] 第2半導体層7は、S i C単結晶（半導体単結晶）を含むエピタキシャル層（S i Cエピタキシャル層）からなり、第1半導体層6の上に積層されている。第2半導体層7は、前述のオフ方向およびオフ角を有している。第2半導体層7は、第1主面3を形成し、第1～第4側面5A～5Dの一部を形成している。第2半導体層7は、第1半導体層6の厚さ未満の厚さを有していることが好ましい。むしろ、第2半導体層7の厚さは、第1半導体層6の厚さよりも大きくてもよい。

- [0026] 第2半導体層7の厚さは、 $5\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下であってもよい。第2半導体層7の厚さは、 $5\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下、 $10\mu\text{m}$ 以上 $15\mu\text{m}$ 以下、 $15\mu\text{m}$ 以上 $20\mu\text{m}$ 以下、 $20\mu\text{m}$ 以上 $25\mu\text{m}$ 以下、 $25\mu\text{m}$ 以上 $30\mu\text{m}$ 以下、 $30\mu\text{m}$ 以上 $35\mu\text{m}$ 以下、 $35\mu\text{m}$ 以上 $40\mu\text{m}$ 以下、 $40\mu\text{m}$ 以上 $45\mu\text{m}$ 、および、 $45\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下のうちの少なくとも1つの範囲に属する値を有していてもよい。
- [0027] 半導体装置1Aは、チップ2（第1主面3）に設定された活性領域8を含む。活性領域8は、チップ2（第1主面3）の内方部に設定されている。活性領域8は、デバイス構造（トランジスタ構造Tr）を含み、出力電流（ドレイン電流）が生成される領域である。
- [0028] 活性領域8は、平面視においてチップ2の周縁（第1～第4側面5A～5D）から間隔を空けてチップ2の内方部に設定されている。活性領域8は、平面視においてチップ2の周縁に平行な4辺を有する多角形状（この形態では四角形状）に設定されている。活性領域8の平面積は、第1主面3の平面積の50%以上90%以下であることが好ましい。
- [0029] 半導体装置1Aは、チップ2において活性領域8外に設定された外周領域9を含む。外周領域9は、デバイス構造（トランジスタ構造Tr）を含まない領域である。外周領域9は、チップ2（第1主面3）の周縁部に設定されている。つまり、外周領域9は、平面視においてチップ2の周縁および活性領域8の間の領域に設けられている。外周領域9は、平面視において活性領域8に沿って帯状に延び、活性領域8を取り囲む多角環状（この形態では四角環状）に設定されている。
- [0030] 半導体装置1Aは、活性領域8において第2主面4の表層部に形成されたn型のドレイン領域10を含む。ドレイン領域10は、「第1領域」、「第1半導体領域」等と称されてもよい。ドレイン領域10には、高電位（第1電位）としてのドレイン電位が付与される。ドレイン領域10は、「第1領域」、「第1半導体領域」等と称されてもよい。ドレイン領域10は、 $5\times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ 以上 $3\times 10^{19}\text{cm}^{-3}$ 以下の不純物濃度を有していてもよい。

- [0031] ドレイン領域10は、第2主面4に沿って層状に延びている。ドレイン領域10は、活性領域8の全域に形成されている。ドレイン領域10は、活性領域8から外周領域9に引き出され、外周領域9において第2主面4の表層部に位置された部分を有している。ドレイン領域10は、全周に亘って活性領域8から外周領域9に引き出されている。ドレイン領域10は、第1～第4側面5A～5Dのうちの少なくとも1つから露出している。ドレイン領域10は、この形態では、第1～第4側面5A～5Dの全周から露出している。
- [0032] ドレイン領域10は、第1半導体層6に形成されている。ドレイン領域10は、第1半導体層6の下端（第2主面4）および第1半導体層6の上端（第2半導体層7）の間の厚さ範囲の全域に形成され、第2半導体層7に接続されている。ドレイン領域10は、n型の第1半導体層6を利用して形成され、第1半導体層6の厚さに対応した厚さを有している。むろん、ドレイン領域10は、チップ2の第2主面4の表層部にn型不純物を導入することによって形成されていてもよい。
- [0033] 半導体装置1Aは、活性領域8において第1主面3の表層部に形成されたn型のドリフト領域11を含む。ドリフト領域11は、「第2領域」、「第2半導体領域」等と称されてもよい。ドリフト領域11は、ドレイン領域10の不純物濃度よりも低い不純物濃度を有している。
- [0034] ドリフト領域11は、第1主面3に沿って層状に延び、チップ2の内部においてドレイン領域10に電氣的に接続されている。ドリフト領域11は、活性領域8の全域に形成されている。ドリフト領域11は、この形態では、活性領域8から外周領域9に引き出され、外周領域9において第1主面3の表層部に位置された部分を有している。
- [0035] ドリフト領域11は、全周に亘って活性領域8から外周領域9に引き出されている。ドリフト領域11は、第1～第4側面5A～5Dのうちの少なくとも1つから露出していることが好ましい。ドリフト領域11は、この形態では、第1～第4側面5A～5Dの全周から露出している。

- [0036] ドリフト領域 11 は、第 2 半導体層 7 に形成されている。ドリフト領域 11 は、第 1 半導体層 6 の上端（ドレイン領域 10）および第 2 半導体層 7 の上端（第 1 主面 3）の間の厚さ範囲の全域に形成され、第 1 半導体層 6（ドレイン領域 10）に接続されている。ドリフト領域 11 は、この形態では、 n 型の第 2 半導体層 7 を利用して形成され、第 2 半導体層 7 の厚さに対応した厚さを有している。むろん、ドリフト領域 11 は、チップ 2（第 2 半導体層 7）の第 1 主面 3 の表層部に n 型不純物を導入することによって形成されていてもよい。
- [0037] 半導体装置 1A は、活性領域 8 において第 1 主面 3 の表層部に形成された複数のボディ構造 12 を含む。複数のボディ構造 12 は、第 1 方向 X に間隔を空けて配列され、第 2 方向 Y に延びる帯状にそれぞれ形成されている。つまり、複数のボディ構造 12 は、第 2 方向 Y に延びるストライプ状に配列されている。また、複数のボディ構造 12 の延在方向は、 SiC 単結晶のオフ方向に一致している。
- [0038] 以下、図 10A を併せて参照して、1 つのボディ構造 12 の具体的な構成が説明される。図 10A は、第 1 形態例に係るボディ構造 12 を示す拡大断面図である。図 10A を参照して、ボディ構造 12 は、第 1 主面 3 の表層部に形成された p 型のボディ領域 13 を含む。
- [0039] ボディ領域 13 は、ボディ構造 12 の本体部としてドリフト領域 11 の表層部に形成されている。つまり、複数のボディ領域 13 が、第 1 方向 X に間隔を空けて配列され、第 2 方向 Y に延びる帯状にそれぞれ形成されている。ボディ領域 13 には、高電位（第 1 電位）とは異なる低電位（第 2 電位）としてのソース電位が付与される。ボディ領域 13 は、ドリフト領域 11 と p - n 接合部をそれぞれ形成し、逆バイアス電圧の印加時においてドリフト領域 11 に空乏層を拡げる。
- [0040] ボディ領域 13 は、第 1 主面 3 側の上端部およびドリフト領域 11 の底部側の下端部を有している。ボディ領域 13 の下端部は、ボディ領域 13 の底部である。ボディ領域 13 の上端部は、第 1 主面 3 から露出している。ボデ

ィ領域 13 の下端部は、ドリフト領域 11 の底部から第 1 主面 3 側に間隔を空けて形成され、ドリフト領域 11 の一部を挟んで（ドレイン領域 10）に対向している。ボディ領域 13 の下端部は、ドリフト領域 11 の中間部から第 1 主面 3 側に間隔を空けて形成されていることが好ましい。むろん、ボディ領域 13 は、ドリフト領域 11 の中間部の深さ位置を厚さ方向に横切ってもよい。

[0041] ボディ領域 13 は、水平方向（この形態では第 1 方向 X）に関してボディ幅 WB をそれぞれ有している。ボディ幅 WB の最大値は、 $1\ \mu\text{m}$ 以上 $10\ \mu\text{m}$ 以下であってもよい。ボディ幅 WB の最大値は、 $1\ \mu\text{m}$ 以上 $2\ \mu\text{m}$ 以下、 $2\ \mu\text{m}$ 以上 $3\ \mu\text{m}$ 以下、 $3\ \mu\text{m}$ 以上 $4\ \mu\text{m}$ 以下、 $4\ \mu\text{m}$ 以上 $5\ \mu\text{m}$ 以下、 $5\ \mu\text{m}$ 以上 $6\ \mu\text{m}$ 以下、 $6\ \mu\text{m}$ 以上 $7\ \mu\text{m}$ 以下、 $7\ \mu\text{m}$ 以上 $8\ \mu\text{m}$ 以下、 $8\ \mu\text{m}$ 以上 $9\ \mu\text{m}$ 以下、および、 $9\ \mu\text{m}$ 以上 $10\ \mu\text{m}$ 以下のうちの少なくとも 1 つの範囲に属する値を有していてもよい。ボディ幅 WB の最大値は、 $2\ \mu\text{m}$ 以上 $5\ \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

[0042] ボディ領域 13 は、鉛直方向 Z に関して、 $0.1\ \mu\text{m}$ 以上 $2.5\ \mu\text{m}$ 以下のボディ厚さ TB を有していてもよい。ボディ厚さ TB は、ボディ領域 13 の深さでもある。ボディ厚さ TB は、 $0.1\ \mu\text{m}$ 以上 $0.25\ \mu\text{m}$ 以下、 $0.25\ \mu\text{m}$ 以上 $0.5\ \mu\text{m}$ 以下、 $0.5\ \mu\text{m}$ 以上 $0.75\ \mu\text{m}$ 以下、 $0.75\ \mu\text{m}$ 以上 $1\ \mu\text{m}$ 以下、 $1\ \mu\text{m}$ 以上 $1.25\ \mu\text{m}$ 以下、 $1.25\ \mu\text{m}$ 以上 $1.5\ \mu\text{m}$ 以下、 $1.5\ \mu\text{m}$ 以上 $1.75\ \mu\text{m}$ 以下、 $1.75\ \mu\text{m}$ 以上 $2\ \mu\text{m}$ 以下、 $2\ \mu\text{m}$ 以上 $2.25\ \mu\text{m}$ 以下、 $2.25\ \mu\text{m}$ 以上 $2.5\ \mu\text{m}$ 以下のうちの少なくとも 1 つの範囲に属する値を有していてもよい。ボディ厚さ TB は、 $0.5\ \mu\text{m}$ 以上 $1.5\ \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。図 10A では、ボディ厚さ TB が $0.7\ \mu\text{m}$ 以上 $0.8\ \mu\text{m}$ 以下である例が示されている。

[0043] ボディ領域 13 は、ボディ幅 WB が厚さ方向に向けて減少するようにドリフト領域 11 の表層部に先細り形状に形成され、第 1 主面 3 に対して斜め方向に傾斜した周縁部を有している。つまり、ボディ領域 13 の周縁部は、ボディ領域 13 の下端部の中央部側に向けて斜め方向に傾斜している。ボディ

幅WBは、周縁部の傾斜傾向が維持される限り、必ずしも厚さ方向に単調に減少している必要はなく漸増減していてもよい。

[0044] したがって、「斜め方向に傾斜」の文言は、断面視において所定の厚さ範囲における周縁部の2点を結ぶ直線（斜線）が第1主面3に対して傾斜している形態を含む。たとえば、所定の厚さ範囲は、ボディ厚さTBの $1/4$ 以上、 $1/3$ 以上または $1/2$ 以上の厚さ範囲であってもよい。むしろ、所定の厚さ範囲は、ボディ厚さTBであってもよい。この場合、「斜め方向に傾斜」の文言は、断面視において周縁部の上端部および周縁部の下端部を結ぶ直線が第1主面3に対して傾斜している形態を含む。

[0045] 所定の厚さ範囲における周縁部の2点間の水平方向の距離は、ボディ勾配GBとして定義される。所定の厚さ範囲のボディ勾配GBは、 $0.05\mu\text{m}$ 以上 $0.5\mu\text{m}$ 以下であってもよい。ボディ勾配GBは、 $0.05\mu\text{m}$ 以上 $0.1\mu\text{m}$ 以下、 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $0.2\mu\text{m}$ 以下、 $0.2\mu\text{m}$ 以上 $0.3\mu\text{m}$ 以下、 $0.3\mu\text{m}$ 以上 $0.4\mu\text{m}$ 以下、および、 $0.4\mu\text{m}$ 以上 $0.5\mu\text{m}$ 以下のうちの少なくとも1つの範囲に属する値を有していてもよい。

[0046] 周縁部の2点を結ぶ直線（斜線）が鉛直線と形成する傾斜角度は、 5° 以上 45° 以下であってもよい。傾斜角度は、 5° 以上 10° 以下、 10° 以上 15° 以下、 15° 以上 20° 以下、 20° 以上 25° 以下、 25° 以上 30° 以下、 30° 以上 35° 以下、 35° 以上 40° 以下、および、 40° 以上 45° 以下のうちの少なくとも1つの範囲に属する値を有していてもよい。傾斜角度は、 10° 以上 30° 以下であることが好ましい。傾斜角度は、 15° 以上 25° 以下であることが特に好ましい。

[0047] ボディ領域13は、この形態では、上端部を起点にボディ幅WBが厚さ方向に向けて減少するように形成されている。つまり、ボディ領域13の周縁部は、上端部を起点に下端部側に向けて斜め方向に傾斜している。ボディ幅WBは、少なくとも上端部から中間部まで減少していることが好ましい。つまり、ボディ領域13の周縁部は、少なくとも上端部から中間部まで斜め方向に傾斜していることが好ましい。

- [0048] ボディ幅WBは、上端部および下端部の間の厚さ範囲の全域に亘って上端部側から下端部側に向けて減少していることが特に好ましい。つまり、ボディ領域13の周縁部は、上端部および下端部の間の厚さ範囲の全域に亘って上端部側から下端部側に向けて斜め方向に傾斜していることが特に好ましい。
- [0049] ボディ領域13は、上端部または上端部側の領域（たとえば上端部から10%の厚さ範囲内）においてボディ幅WBの最大値を有していてもよい。ボディ領域13は、下端部または下端部側の領域（たとえば下端部から10%の厚さ範囲内）においてボディ幅WBの最小値を有していてもよい。周縁部は、断面視において下端部に弧状（円弧状）に接続されていることが好ましい。つまり、ボディ領域13は、周縁部および下端部を弧状（円弧状）に接続するエッジ部を有していることが好ましい。
- [0050] ボディ領域13の周縁部の上端部を基準位置（0 μ m地点）としたとき、ボディ領域13の周縁部は第1主面3から0.5 μ mの厚さ範囲において第1主面3に対して斜め方向に傾斜している。つまり、ボディ領域13は、前記0.5 μ mの厚さ範囲において第1主面3に対して垂直方向に延びていない。換言すると、ボディ領域13の周縁部のうち0.5 μ m地点に位置された部分は、周縁部の上端部よりもボディ領域13の内方側に位置され、上端部に鉛直方向Zに重なっていない。
- [0051] ボディ領域13の周縁部は、前記0.5 μ mの厚さ範囲において、0.05 μ m以上0.25 μ m以下のボディ勾配GBを有している。0.5 μ mの厚さ範囲のボディ勾配GBは、周縁部の上端部を基準位置としたときの0.5 μ mの厚さ地点における周縁部の水平方向の変化量である。図10Aでは、0.5 μ mの厚さ範囲のボディ勾配GBが例示されている。
- [0052] 0.5 μ mの厚さ範囲のボディ勾配GBは、0.05 μ m以上0.1 μ m以下、0.1 μ m以上0.15 μ m以下、0.15 μ m以上0.2 μ m以下、および、0.2 μ m以上0.25 μ m以下のうちの少なくとも1つの範囲に属する値を有していてもよい。ボディ勾配GBは、0.1 μ m以上0.2

μm 以下であることが好ましい。0.5 μm の厚さ範囲のボディ勾配GBは、0.1 μm よりも大きく0.15 μm 以下であることが特に好ましい。

[0053] ボディ領域13の周縁部は、この形態では、上端側のサブ傾斜部14および下端側のメイン傾斜部15を有している。サブ傾斜部14は「第1傾斜部」、「上側傾斜部」と称され、メイン傾斜部15は「第2傾斜部」、「下側傾斜部」と称されてもよい。サブ傾斜部14は、ボディ領域13の中間部よりも第1主面3側の領域に形成されている。サブ傾斜部14は、ボディ領域13の表面部を形成し、第1主面3から露出している。

[0054] サブ傾斜部14は、ボディ領域13の上端部において、周縁部から第1主面3に沿って水平方向に突出した張り出し部からなる。サブ傾斜部14は、ボディ領域13のうちボディ幅WBが単調に減少する部分によって形成され、第1主面3に対して斜め方向に傾斜している。サブ傾斜部14は、この形態では、弧状（円弧状）に張り出している。サブ傾斜部14は、第1主面3に対して比較的緩慢な第1傾斜角度を有している。

[0055] サブ傾斜部14は、ボディ領域13の上端部において比較的幅狭のボディ幅WBが形成されることを抑制し、周縁部の上端部がボディ領域13の内方に向けて窪むことを抑制する。つまり、サブ傾斜部14は、ボディ領域13の上端部において短チャネル部の形成を抑制している。

[0056] サブ傾斜部14は、水平方向に関して、0.01 μm 以上0.25 μm 以下の幅（張り出し幅）を有していてもよい。サブ傾斜部14の幅は、サブ傾斜部14の下端部を鉛直方向Zに通過する鉛直線を基準とする水平方向の幅である。サブ傾斜部14の幅は、厚さ方向に向けて単調に減少している。

[0057] サブ傾斜部14の幅は、0.01 μm 以上0.05 μm 以下、0.05 μm 以上0.1 μm 以下、0.1 μm 以上0.15 μm 以下、0.15 μm 以上0.2 μm 以下、および、0.2 μm 以上0.25 μm 以下のうちの少なくとも1つの範囲に属する値を有していてもよい。サブ傾斜部14の幅は、この形態では、0.15 μm 以下である。

[0058] サブ傾斜部14は、鉛直方向Zに関して、0.01 μm 以上0.25 μm

以下の厚さを有していてもよい。張り出し部の厚さは、 $0.01\mu\text{m}$ 以上 $0.05\mu\text{m}$ 以下、 $0.05\mu\text{m}$ 以上 $0.1\mu\text{m}$ 以下、 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $0.15\mu\text{m}$ 以下、 $0.15\mu\text{m}$ 以上 $0.2\mu\text{m}$ 以下、および、 $0.2\mu\text{m}$ 以上 $0.25\mu\text{m}$ 以下のうちの少なくとも1つの範囲に属する値を有していてもよい。サブ傾斜部14の厚さは、この形態では、 $0.15\mu\text{m}$ 以下である。

[0059] メイン傾斜部15は、サブ傾斜部14に対して下端部側の領域に形成されている。メイン傾斜部15は、サブ傾斜部14の厚さよりも大きい厚さを有し、ボディ領域13の主たる部分を形成している。メイン傾斜部15は、サブ傾斜部14とボディ勾配GBを形成している。たとえば、メイン傾斜部15は、サブ傾斜部14と $0.5\mu\text{m}$ の厚さ範囲のボディ勾配GBを形成している。

[0060] メイン傾斜部15は、この形態では、ボディ領域13のうちボディ幅WBがほぼ単調に減少する部分によって形成され、第1主面3に対して斜め方向に傾斜している。メイン傾斜部15は、サブ傾斜部14に対してボディ領域13の内方側に位置され、第1主面3に対してサブ傾斜部14の第1傾斜角度よりも急峻な第2傾斜角度を有している。たとえば、水平方向（第1方向X）に沿う水平線（X線）を基準としたとき、第2傾斜角度は第1傾斜角度よりも大きい値を有している。換言すると、鉛直方向Zに沿う鉛直線を基準とした時、第2傾斜角度は第1傾斜角度よりも小さい値を有している。

[0061] ボディ構造12は、ボディ領域13の表層部に形成されたn型の複数のソース領域16、17を含む。複数のソース領域16、17には、ソース電位が付与される。複数のソース領域16、17は、第1方向Xの一方側（第3側面5C側）に位置された第1ソース領域16および第1方向Xの他方側（第4側面5D側）に位置された第2ソース領域17を含む。この形態では、1つの第1ソース領域16がボディ領域13の一端側に形成され、1つの第2ソース領域17がボディ領域13の他端側に形成されている。

[0062] 第1ソース領域16は、ボディ領域13の一端から他端側に間隔を空けて形成されている。第2ソース領域17は、第1ソース領域16からボディ領

域 1 3 の他端側に間隔を空けて形成されている。第 2 ソース領域 1 7 は、ボディ領域 1 3 の他端から一端側に間隔を空けて形成されている。

[0063] 以下、1つのソース領域 1 6、1 7 の構成が具体的に説明される。ソース領域 1 6、1 7 は、ボディ領域 1 3 の延在方向に沿って帯状に延びている。ソース領域 1 6、1 7 は、第 2 方向 Y に関して、ボディ領域 1 3 の両端部から内方に間隔を空けて形成されている。つまり、ソース領域 1 6、1 7 は、ボディ領域 1 3 の両端部を第 1 主面 3 から露出させている（図 5 参照）。

[0064] ソース領域 1 6、1 7 は、ボディ領域 1 3 の下端部から第 1 主面 3 側に間隔を空けて形成され、ボディ領域 1 3 の一部を挟んでドリフト領域 1 1 に対向している。具体的には、ソース領域 1 6、1 7 は、サブ傾斜部 1 4 の深さ位置を厚さ方向に横切る厚さを有している。

[0065] ソース領域 1 6、1 7 は、サブ傾斜部 1 4 から内方に間隔を空けて形成され、水平方向にサブ傾斜部 1 4 に対向する部分を有している。ソース領域 1 6、1 7 は、メイン傾斜部 1 5 から内方に間隔を空けて形成され、水平方向にメイン傾斜部 1 5 に対向する部分を有している。

[0066] ソース領域 1 6、1 7 の中間部は、サブ傾斜部 1 4 の深さ位置よりもメイン傾斜部 1 5 側に位置され、水平方向にメイン傾斜部 1 5 に対向している。水平方向に関して、ソース領域 1 6、1 7 およびメイン傾斜部 1 5 の間の距離は、ソース領域 1 6、1 7 およびサブ傾斜部 1 4 の間の距離よりも小さい。

[0067] ソース領域 1 6、1 7 は、ボディ領域 1 3 の周縁部側に向けて弧状（円弧状）に張り出した周縁部を有している。ソース領域 1 6、1 7 の先端部は、厚さ方向にボディ領域 1 3 の一部を介して第 1 主面 3 に対向していてもよい。むしろ、ソース領域 1 6、1 7 の周縁部は、厚さ方向にボディ領域 1 3 を介さずに第 1 主面 3 から露出した先端部を有していてもよい。この場合、ソース領域 1 6、1 7 の周縁部は、第 1 主面 3 からボディ領域 1 3 の下端部の内方側に向かって直線状または湾曲状に斜め下り傾斜していてもよい。むしろ、ソース領域 1 6、1 7 の周縁部は、第 1 主面 3 に対してほぼ垂直に延び

ていてもよい。

[0068] 複数の第1ソース領域16がボディ領域13に形成される場合、複数の第1ソース領域16はボディ領域13の延在方向に間隔を空けて形成されていてもよい。この場合、各第1ソース領域16は、第2方向Yに延びる帯状に形成されていてもよい。複数の第2ソース領域17がボディ領域13に形成される場合、複数の第2ソース領域17はボディ領域13の延在方向に間隔を空けて形成されていてもよい。この場合、各第2ソース領域17は、第2方向Yに延びる帯状に形成されていてもよい。

[0069] ボディ構造12は、ボディ領域13の表層部においてソース領域16、17とは異なる領域に形成されたp型の複数のコンタクト領域18を含む。コンタクト領域18は、「バックゲート領域」と称されてもよい。複数のコンタクト領域18には、ソース電位が付与される。この形態では、1つのコンタクト領域18がボディ領域13の表層部において第1ソース領域16および第2ソース領域17の間の領域に介在され、ボディ領域13に電氣的に接続されている。

[0070] コンタクト領域18は、ボディ領域13（ソース領域16、17）の延在方向に沿って帯状に延びている。コンタクト領域18は、第2方向Yに関して、ボディ領域13の両端部から内方に間隔を空けて形成されている。つまり、コンタクト領域18は、ボディ領域13の両端部を第1主面3から露出させている（図5参照）。

[0071] コンタクト領域18は、この形態では、ソース領域16、17の幅よりも小さい幅を有している。むろん、コンタクト領域18の幅は、ソース領域16、17の幅よりも大きくてもよい。コンタクト領域18は、ボディ領域13の下端部から第1主面3側に間隔を空けて形成され、ボディ領域13の一部を挟んでドリフト領域11に対向している。具体的には、コンタクト領域18は、サブ傾斜部14の深さ位置を厚さ方向に横切る厚さを有している。

[0072] コンタクト領域18は、水平方向にソース領域16、17を介してサブ傾斜部14に対向する部分、および、水平方向にメイン傾斜部15にソース領

域 16、17 を介して対向する部分を有している。コンタクト領域 18 の中間部は、サブ傾斜部 14 の深さ位置よりもメイン傾斜部 15 側に位置され、水平方向にメイン傾斜部 15 に対向している。

[0073] コンタクト領域 18 は、この形態では、ソース領域 16、17 の厚さよりも大きい厚さを有し、ソース領域 16、17 の底部よりもボディ領域 13 の下端部側に位置された底部を有している。つまり、コンタクト領域 18 の底部は、水平方向にソース領域 16、17 を介さずにメイン傾斜部 15 に対向している。コンタクト領域 18 は、ボディ領域 13 の周縁部側に向けて弧状（円弧状）に張り出した周縁部を有している。

[0074] コンタクト領域 18 の先端部は、厚さ方向にソース領域 16、17 の一部を介して第 1 主面 3 に対向していてもよい。むしろ、コンタクト領域 18 の周縁部は、厚さ方向にソース領域 16、17 を介さずに第 1 主面 3 から露出した先端部を有していてもよい。この場合、コンタクト領域 18 の周縁部は、第 1 主面 3 からボディ領域 13 の下端部の内方側に向かって直線状または湾曲状に斜め下り傾斜していてもよい。むしろ、コンタクト領域 18 の周縁部は、第 1 主面 3 に対してほぼ垂直に延びていてもよい。

[0075] 複数のコンタクト領域 18 がボディ領域 13 に形成される場合、複数のコンタクト領域 18 はボディ領域 13 の延在方向に間隔を空けて形成されていてもよい。この場合、各コンタクト領域 18 は、第 2 方向 Y に延びる帯状に形成されていてもよい。

[0076] ボディ構造 12 は、図 10B～図 10F に示される構成を有し得る。図 10B は、第 2 形態例に係るボディ構造 12 を示す拡大断面図である。図 10C は、第 3 形態例に係るボディ構造 12 を示す拡大断面図である。図 10D は、第 4 形態例に係るボディ構造 12 を示す拡大断面図である。図 10E は、第 5 形態例に係るボディ構造 12 を示す拡大断面図である。図 10F は、第 6 形態例に係るボディ構造 12 を示す拡大断面図である。

[0077] 図 10B を参照して、第 2 形態例に係るボディ構造 12 は、第 1 形態例に係るボディ領域 13 の構成を変更した構成を有している。ボディ領域 13 は

、この形態では、起伏を有するメイン傾斜部 15 を含む。

[0078] 具体的には、メイン傾斜部 15 は、水平方向に張り出した複数（少なくとも 2 つ）の膨出部 19 を厚さ方向に多段階的に有している。複数の膨出部 19 は、ボディ幅 WB の変化率（減少量）が厚さ方向に変化する領域である。複数の膨出部 19 は、弧状（円弧状）に張り出してもよい。膨出部 19 は、「張り出し部」、「突出部」、「湾曲部」、「延在部」等と称されてもよい。

[0079] ボディ領域 13（メイン傾斜部 15）は、ボディ領域 13 のうちボディ幅 WB がほぼ単調に減少する部分によって形成された少なくとも 1 つまたは複数の膨出部 19 を含んでいてもよい。ボディ領域 13（メイン傾斜部 15）は、ボディ領域 13 のうちボディ幅 WB が漸増減する部分によって形成された少なくとも 1 つまたは複数の膨出部 19 を含んでいてもよい。

[0080] 複数の膨出部 19 は、サブ傾斜部 14 の下端部を起点に、上端部側から下端部側に向けて順にボディ領域 13 の内方側にセットバックされるように形成され、傾斜方向に沿って凹凸を繰り返す起伏を形成している。つまり、下側の膨出部 19 および上側の膨出部 19 に関して、下側の膨出部 19 の先端部は、上側の膨出部 19 の先端部よりもボディ領域 13 の内方側に位置されている。

[0081] 複数の膨出部 19 は、互いに異なる厚さを有していてもよい。つまり、メイン傾斜部 15 は、比較的小さい厚さ（深さ）を有する一方の膨出部 19、および、一方の膨出部 19 よりも大きい厚さ（深さ）を有する他方の膨出部 19 を含んでいてもよい。他方の膨出部 19 は、一方の膨出部 19 よりも上端部側に位置されていてもよいし、一方の膨出部 19 よりも下端部側に位置されていてもよい。

[0082] 各膨出部 19 の厚さは、 $0.05\ \mu\text{m}$ 以上 $0.5\ \mu\text{m}$ 以下であってもよい。各膨出部 19 の厚さは、 $0.05\ \mu\text{m}$ 以上 $0.1\ \mu\text{m}$ 以下、 $0.1\ \mu\text{m}$ 以上 $0.2\ \mu\text{m}$ 以下、 $0.2\ \mu\text{m}$ 以上 $0.3\ \mu\text{m}$ 以下、 $0.3\ \mu\text{m}$ 以上 $0.4\ \mu\text{m}$ 以下、および、 $0.4\ \mu\text{m}$ 以上 $0.5\ \mu\text{m}$ 以下のうちの少なくとも 1 つ

の範囲に属する値を有していてもよい。

- [0083] 一例として、複数の膨出部 19 は、この形態では、上端部側から下端部側に向けてこの順に形成された第 1 膨出部 19 A、第 2 膨出部 19 B および第 3 膨出部 19 C を有している。第 1 膨出部 19 A は、サブ傾斜部 14 の直下に形成されている。第 1 膨出部 19 A は、ボディ領域 13 のうちボディ幅 WB がほぼ単調に減少する部分によって形成され、サブ傾斜部 14 の先端部に対してボディ領域 13 の内方側にセットバックされた端部を有している。
- [0084] 第 1 膨出部 19 A の端部は、この形態では、厚さ方向にサブ傾斜部 14 に対向していない。むしろ、第 1 膨出部 19 A は、ボディ幅 WB が漸増減する部分によって形成され、厚さ方向にサブ傾斜部 14 に対向していてもよい。第 1 膨出部 19 A は、サブ傾斜部 14 の厚さよりも大きい第 1 厚さを有している。むしろ、第 1 厚さは、サブ傾斜部 14 の厚さ未満であってもよい。
- [0085] 第 2 膨出部 19 B は、第 1 膨出部 19 A の直下に形成されている。第 2 膨出部 19 B は、ボディ領域 13 のうちボディ幅 WB がほぼ単調に減少する部分によって形成され、第 1 膨出部 19 A の端部に対してボディ領域 13 の内方側にセットバックされた端部を有している。第 2 膨出部 19 B は、この形態では、厚さ方向に第 1 膨出部 19 A に対向していない。
- [0086] むろん、第 2 膨出部 19 B は、ボディ幅 WB が漸増減する部分によって形成され、厚さ方向に第 1 膨出部 19 A に対向していてもよい。第 1 膨出部 19 A は、第 1 膨出部 19 A の第 1 厚さ未満の第 2 厚さを有している。むしろ、第 2 厚さは、第 1 厚さよりも大きくてもよい。
- [0087] 第 3 膨出部 19 C は、第 2 膨出部 19 B の直下に形成されている。第 3 膨出部 19 C は、ボディ領域 13 のうちボディ幅 WB がほぼ単調に減少する部分によって形成され、第 2 膨出部 19 B の端部に対してボディ領域 13 の内方側にセットバックされた端部を有している。第 3 膨出部 19 C は、この形態では、厚さ方向に第 2 膨出部 19 B に対向していない。
- [0088] むろん、第 3 膨出部 19 C は、ボディ幅 WB が漸増減する部分によって形成され、厚さ方向に第 2 膨出部 19 B に対向していてもよい。第 3 膨出部 1

9 Cは、ボディ領域13のエッジ部を形成し、ボディ領域13の下端部に対して弧状（円弧状）に接続されている。第3膨出部19 Cは、第2膨出部19 Bの第2厚さよりも大きい第3厚さを有している。むしろ、第3厚さは、第2厚さ未満であってもよい。第3厚さは、第1厚さよりも大きくてもよいし、第1厚さ未満であってもよい。

[0089] ソース領域16、17は、少なくとも最下の膨出部19（つまり第3膨出部19 C）の深さ位置から第1主面3側に間隔を空けて形成され、水平方向に少なくとも1つの膨出部19に対向している。ソース領域16、17は、この形態では、第2膨出部19 Bの深さ位置から第1主面3側に間隔を空けて形成されている。

[0090] ソース領域16、17は、水平方向にサブ傾斜部14に対向する部分、および、水平方向に第1膨出部19 Aに対向する部分を有している。むしろ、ソース領域16、17は、第2膨出部19 Bの深さ位置を横切る厚さを有し、水平方向に第2膨出部19 Bに対向する部分を有していてもよい。

[0091] コンタクト領域18は、少なくとも最下の膨出部19（つまり第3膨出部19 C）の深さ位置から第1主面3側に間隔を空けて形成され、水平方向に少なくとも1つの膨出部19に対向している。コンタクト領域18は、この形態では、第2膨出部19 Bの深さ位置から第1主面3側に間隔を空けて形成されている。

[0092] コンタクト領域18は、水平方向にソース領域16、17を挟んでサブ傾斜部14に対向する部分、および、水平方向にソース領域16、17を挟んで第1膨出部19 Aに対向する部分を有している。むしろ、コンタクト領域18は、第2膨出部19 Bの深さ位置を横切る厚さを有し、水平方向に第2膨出部19 Bに対向する部分を有していてもよい。

[0093] 図10Cを参照して、第3形態例に係るボディ構造12は、第2形態例に係るボディ領域13と同様、複数の膨出部19を有している。複数の膨出部19は、この形態では、上端部側から下端部側に向けてこの順に形成された第1膨出部19 Aおよび第2膨出部19 Bを有している。

- [0094] 第1膨出部19Aは、サブ傾斜部14の直下に形成されている。第1膨出部19Aは、ボディ領域13のうちボディ幅WBがほぼ単調に減少する部分によって形成され、サブ傾斜部14の先端部に対してボディ領域13の内方側にセットバックされた端部を有している。第1膨出部19Aは、サブ傾斜部14の厚さよりも大きい第1厚さを有している。むろん、第1厚さは、サブ傾斜部14の厚さ未満であってもよい。
- [0095] 第2膨出部19Bは、第1膨出部19Aの直下に形成されている。第2膨出部19Bは、ボディ領域13のうちボディ幅WBが漸増減する部分によって形成され、第1膨出部19Aの端部に対してボディ領域13の内方側にセットバックされた端部を有している。第2膨出部19Bは、ボディ領域13のエッジ部を形成し、ボディ領域13の下端部に弧状（円弧状）に接続されている。第2膨出部19Bは、サブ傾斜部14の厚さよりも大きい第2厚さを有している。第2厚さは、第1厚さよりも大きいてもよいし、第1厚さ未満であってもよい。
- [0096] 第2膨出部19Bは、第1膨出部19Aとの境界部（接続部）においてボディ領域13の内方側に向けて水平方向に窪んだ窪み部20Aを形成し、当該窪み部20Aを挟んで厚さ方向に第1膨出部19Aに対向している。窪み部20Aは、断面視において第2膨出部19Bの端部を鉛直方向Zに通過する鉛直線を設定した場合、当該鉛直線よりもボディ領域13の内方側に窪んだ端部を有している。窪み部20Aをなくした形態は、第2形態例に係るボディ領域13に相当する。
- [0097] ソース領域16、17は、少なくとも窪み部20Aの深さ位置から第1主面3側に間隔を空けて形成され、水平方向に少なくとも1つの膨出部19に対向していることが好ましい。ソース領域16、17は、この形態では、窪み部20Aの端部の深さ位置から第1主面3側に間隔を空けて形成されている。ソース領域16、17は、水平方向にサブ傾斜部14に対向する部分、および、水平方向に第1膨出部19Aに対向する部分を有している。ソース領域16、17は、水平方向に窪み部20A（第2膨出部19B）に対向す

る部分を有さない。

[0098] コンタクト領域 18 は、少なくとも窪み部 20 A の深さ位置から第 1 主面 3 側に間隔を空けて形成され、水平方向にソース領域 16、17 を挟んで少なくとも 1 つの膨出部 19 に対向していることが好ましい。コンタクト領域 18 は、この形態では、窪み部 20 A の端部の深さ位置から第 1 主面 3 側に間隔を空けて形成されている。

[0099] コンタクト領域 18 は、水平方向にソース領域 16、17 を挟んでサブ傾斜部 14 に対向する部分、および、水平方向にソース領域 16、17 を挟んで第 1 膨出部 19 A に対向する部分を有している。コンタクト領域 18 は、水平方向に窪み部 20 A（第 2 膨出部 19 B）に対向する部分を有さない。

[0100] 図 10 D を参照して、第 4 形態例に係るボディ構造 12 は、第 3 形態例に係るボディ領域 13 において第 1 膨出部 19 A を変更した形態を有している。第 1 膨出部 19 A は、この形態では、ボディ領域 13 のうちボディ幅 WB が漸増減する部分によって形成され、サブ傾斜部 14 の先端部に対してボディ領域 13 の内方側にセットバックされた端部を有している。第 1 膨出部 19 A の端部は、この形態では、厚さ方向にサブ傾斜部 14 に対向している。第 1 膨出部 19 A は、サブ傾斜部 14 の厚さよりも大きい第 1 厚さを有している。むろん、第 1 厚さは、サブ傾斜部 14 の厚さ未満であってもよい。

[0101] 第 1 膨出部 19 A は、サブ傾斜部 14 との境界部（接続部）においてボディ領域 13 の内方側に向けて水平方向に窪んだ窪み部 20 B を形成し、当該窪み部 20 B を挟んでサブ傾斜部 14 に対向している。窪み部 20 B は、断面視において第 1 膨出部 19 A の端部を鉛直方向 Z に通過する鉛直線を設定した場合、当該鉛直線よりもボディ領域 13 の内方側に窪んだ端部を有している。窪み部 20 B の端部は、水平方向に関して窪み部 20 A の端部よりもサブ傾斜部 14 側に位置されている。窪み部 20 A および窪み部 20 B をなくした形態は、第 2 形態例に係るボディ領域 13 に相当する。

[0102] ソース領域 16、17 は、水平方向にサブ傾斜部 14 に対向する部分、および、水平方向に第 1 膨出部 19 A に対向する部分を有している。ソース領

域 16、17 は、この形態では、水平方向に窪み部 20B に対向している。コンタクト領域 18 は、水平方向にソース領域 16、17 を挟んでサブ傾斜部 14 に対向する部分、および、水平方向にソース領域 16、17 を挟んで第 1 膨出部 19A に対向する部分を有している。コンタクト領域 18 は、この形態では、水平方向にソース領域 16、17 を挟んで窪み部 20B に対向している。

[0103] 図 10E を参照して、第 5 形態例に係るボディ構造 12 は、第 1 形態例に係るボディ領域 13 のサブ傾斜部 14 を変更した形態を有している。サブ傾斜部 14 は、この形態では、ボディ領域 13 のうちボディ幅 WB がほぼ単調に減少する部分によって形成され、水平方向に突出せずに第 1 主面 3 から第 1 傾斜角度で斜め方向に傾斜している。サブ傾斜部 14 は、この形態においても、ボディ領域 13 の上端部における短チャネル部の形成を抑制している。

[0104] 一方、メイン傾斜部 15 は、第 1 傾斜角度とほぼ等しい第 2 傾斜角度を有し、サブ傾斜部 14 から連続的にサブ傾斜部 14 の傾斜方向に沿って斜め方向に傾斜する部分を有している。第 5 形態例に係るサブ傾斜部 14 は、第 1 ～第 4 形態例に係るボディ構造 12 にも適用可能である。

[0105] 図 10F を参照して、第 6 形態例に係るボディ構造 12 は、サブ傾斜部 14 に代えて短チャネル部を形成する狭窄部 21 を含む。具体的には、狭窄部 21 は、ボディ領域 13 の上端部においてボディ領域 13 のうちボディ幅 WB が厚さ方向に増加（漸増）する部分によって形成されている。狭窄部 21 は、ドリフト領域 11 の表層部において第 1 主面 3 に対して斜め傾斜した部分を有し、ドリフト領域 11 の一部を挟んで第 1 主面 3 に対向している。

[0106] 一方、メイン傾斜部 15 は、狭窄部 21 の先端部からボディ幅 WB が減少する部分によって形成され、第 1 主面 3 に対して斜め方向に傾斜している。前述のボディ勾配 GB は、この形態では、狭窄部 21 の先端部を基準位置（0 μ m 地点）としてメイン傾斜部 15 に適用される。

[0107] ソース領域 16、17 は、狭窄部 21 の基端部から間隔を空けてボディ領

域 13 の表層部に形成されている。ソース領域 16、17 は、狭窄部 21 およびソース領域 16、17 の間で比較的狭い短チャネル部を形成し、メイン傾斜部 15 およびソース領域 16、17 の間で比較的広いチャネル部を形成している。

[0108] 短チャネル部が問題にならない場合には、第 6 形態例に係るボディ構造 12 が採用されてもよい。第 6 形態例に係る狭窄部 21 は、第 1～第 5 形態例に係るボディ構造 12 にも適用可能である。以下では、サブ傾斜部 14 を有する構成が前提として説明されるが、サブ傾斜部 14 は狭窄部 21 に置換可能である。この場合の具体的な構成は、以下の説明において、必要に応じて「サブ傾斜部 14」を「狭窄部 21」に置き換えることによって得られる。

[0109] 図 11A は、ボディ構造 12 の第 1 領域内の濃度勾配を示すグラフである。ボディ構造 12 の第 1 領域は、第 2 方向 Y に関して、ボディ領域 13 内にソース領域 16、17 およびコンタクト領域 18 の双方が形成されていない領域である。たとえば、ボディ構造 12 の第 2 領域は、ボディ領域 13 の第 2 方向 Y の両端部である（図 5 も併せて参照）。図 11A において、縦軸は不純物濃度を示し、横軸はボディ幅 WB を示している。図 11A では、ボディ幅 WB が $2.6\mu\text{m}$ である例が示されている。

[0110] 図 11A には、第 1 濃度分布 A1（細線）、第 2 濃度分布 A2（細破線）、第 3 濃度分布 A3（太線）および第 4 濃度分布 A4（太破線）が示されている。第 1 濃度分布 A1 は、ボディ領域 13 の $0.15\mu\text{m}$ の厚さ位置（図 10A 参照）における水平方向の濃度分布を示している。第 2 濃度分布 A2 は、ボディ領域 13 の $0.30\mu\text{m}$ の厚さ位置（図 10A 参照）における水平方向の濃度分布を示している。

[0111] 第 3 濃度分布 A3 は、ボディ領域 13 の $0.45\mu\text{m}$ の厚さ位置（図 10A 参照）における水平方向の濃度分布を示している。第 4 濃度分布 A4 は、ボディ領域 13 の $0.60\mu\text{m}$ の厚さ位置（図 10A 参照）における水平方向の濃度分布を示している。ボディ領域 13 の中間部は、この例では、 $0.35\mu\text{m}$ の厚さ位置である。第 1～第 4 濃度分布 A1～A4 は、ドリフト領

域 1 1 の n 型不純物濃度およびボディ領域 1 3 の p 型不純物濃度を示している。

[0112] ドリフト領域 1 1 の n 型不純物濃度は、 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下であってもよい。ボディ領域 1 3 は、ドリフト領域 1 1 の n 型不純物濃度よりも高い p 型不純物濃度を有している。ボディ領域 1 3 の p 型不純物濃度は、 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下であってもよい。ボディ領域 1 3 は、3 価元素としてのアルミニウムを含むことが好ましい。

[0113] 第 1 ～第 4 濃度分布 A 1 ～A 4 を参照して、ボディ領域 1 3 は、厚さ方向に関して第 1 濃度勾配部 2 2（上向き矢印部参照）および第 2 濃度勾配部 2 3（下向き矢印部参照）を有している。第 1 濃度勾配部 2 2 は、上端部から中間部に向けて p 型不純物濃度が漸増する領域である。第 2 濃度勾配部 2 3 は、第 1 濃度勾配部 2 2 から下端部に向けて p 型不純物濃度が漸減する領域である。

[0114] つまり、ボディ領域 1 3 において下端部側の p 型不純物濃度は、上端部側の p 型不純物濃度未満である。たとえば、この形態では、ボディ領域 1 3 において、 $0.15 \mu\text{m}$ よりも大きく $0.60 \mu\text{m}$ 以下の厚さ範囲における p 型不純物濃度は、 $0.15 \mu\text{m}$ 以下の厚さ範囲における上端部の p 型不純物濃度よりも高い。

[0115] ボディ領域 1 3 は、水平方向に関して内方部側から周縁部側に向けて漸減する濃度勾配を有している。具体的には、ボディ領域 1 3 は、水平方向に関して第 1 高濃度領域 2 4、低濃度領域 2 5 および第 2 高濃度領域 2 6 を含む。第 1 高濃度領域 2 4 は、ボディ領域 1 3 の内方部に形成されている。第 1 高濃度領域 2 4 は、上向き（正方向）に湾曲した凸状の濃度勾配を形成し、p 型不純物濃度の第 1 極大値 P 1 を含む。

[0116] 第 1 高濃度領域 2 4 は、第 1 濃度勾配部 2 2 および第 2 濃度勾配部 2 3 に倣って、厚さ方向に p 型不純物濃度が漸増減する濃度勾配を有している。つまり、第 1 高濃度領域 2 4 は、中間部よりも上端部側の領域において漸増（単調に増加）し、中間部よりも下端部側の領域において漸減（単調に減少）

する濃度勾配を有している。第1高濃度領域24は、中間部よりも上端部側の領域および中間部よりも下端部側の領域の双方において第1極大値P1を含む凸状の濃度勾配を形成している。

[0117] 第1高濃度領域24は、水平方向に関してボディ領域13の $1/10$ 以上 $1/2$ 以下の範囲を占めていることが好ましい。第1高濃度領域24の占有範囲は、 $1/5$ 以上であってもよい。第1高濃度領域24の占有範囲は、 $1/4$ 以上であることが好ましい。

[0118] 低濃度領域25は、第1高濃度領域24に対してボディ領域13の周縁部側の領域に形成され、第1高濃度領域24から漸減する濃度勾配を形成している。低濃度領域25は、第1高濃度領域24のp型不純物濃度よりも低いp型不純物濃度を有する領域である。具体的には、低濃度領域25のp型不純物濃度は、第1極大値P1よりも低い。低濃度領域25は、ボディ領域13の表面部において下向き（負方向）に湾曲した凹状の濃度勾配を形成し、p型不純物濃度の極小値P2を含む（第1濃度分布A1参照）。

[0119] 低濃度領域25は、第1濃度勾配部22および第2濃度勾配部23に倣って、厚さ方向にp型不純物濃度が漸増減する濃度勾配を有している。つまり、低濃度領域25は、中間部よりも上端部側の領域において漸増（単調に増加）し、中間部よりも下端部側の領域において厚さ方向に漸減（単調に減少）する濃度勾配を有している。

[0120] 低濃度領域25は、中間部よりも上端部側の領域において極小値P2を含む凹状の濃度勾配を有している（第1濃度分布A1参照）。低濃度領域25は、中間部よりも下端部側の領域において上端部側の領域の濃度低下率よりも小さい濃度低下率を有する緩慢領域を形成し、凹状の濃度勾配（極小値P2）を有さない。

[0121] したがって、第1高濃度領域24および低濃度領域25の間の濃度差は、ボディ領域13の下端部に向けて漸減している。つまり、下端部側の濃度差は、上端部側の濃度差未満である。低濃度領域25は、メイン傾斜部15を形成し、ドリフト領域11に電氣的に接続されている。

- [0122] 第2高濃度領域26は、ボディ領域13の周縁部に形成されている（第1濃度分布A1参照）。第2高濃度領域26は、低濃度領域25に対してボディ領域13の周縁部側に形成され、低濃度領域25から漸増する濃度勾配を形成している。第2高濃度領域26は、p型不純物濃度の第2極大値P3を含む凸状の濃度勾配を有している。第2極大値P3は、極小値P2よりも大きい。第2極大値P3は、この形態では、第1極大値P1よりも大きい。むしろ、第2極大値P3は、第1極大値P1未満であってもよい。
- [0123] 第2高濃度領域26は、ボディ領域13の表面部においてボディ領域13の周縁部のみに形成され、ボディ領域13の下端部側の領域には形成されていない。具体的には、第2高濃度領域26は、サブ傾斜部14を形成している。換言すると、サブ傾斜部14は、第2高濃度領域26を含み、メイン傾斜部15よりも外方に張り出した領域である。
- [0124] 第2高濃度領域26は、厚さ方向に向けて漸減する濃度勾配を有している。低濃度領域25および第2高濃度領域26の間の濃度差は、サブ傾斜部14からメイン傾斜部15に向けて漸減し、メイン傾斜部15においてほぼ零になる。つまり、第2高濃度領域26は、サブ傾斜部14のほぼ全域を形成している。第2高濃度領域26は、メイン傾斜部15の一部（上部）を部分的に形成していてもよい。第2高濃度領域26は、サブ傾斜部14のみを形成し、メイン傾斜部15を形成していなくてもよい。
- [0125] 第2高濃度領域26は、中間部よりも上端部側の領域においてドリフト領域11に接続されている。ボディ領域13は、必ずしも第2高濃度領域26を有している必要はなく、低濃度領域25がボディ領域13の周縁部の上端部に形成されていてもよい。つまり、サブ傾斜部14は、低濃度領域25によって形成されていてもよい。
- [0126] 図11Bは、ボディ構造12の第2領域内の濃度勾配を示すグラフである。ボディ構造12の第2領域は、第2方向Yに関して、ボディ領域13内にソース領域16、17およびコンタクト領域18の双方が形成された領域である。たとえば、ボディ構造12の第2領域は、ボディ領域13の第2方向

Y の中間部である。図 1 1 B において、縦軸は不純物濃度を示し、横軸はボディ幅WBを示している。

[0127] 図 1 1 B には、第 1 濃度分布 B 1（細線）、第 2 濃度分布 B 2（細破線）、第 3 濃度分布 B 3（太線）および第 4 濃度分布 B 4（太破線）が示されている。第 1 濃度分布 B 1 は、ソース領域 1 6、1 7 の n 型不純物濃度およびコンタクト領域 1 8 の p 型不純物濃度が第 1 濃度分布 A 1 に加算された濃度分布を有している。

[0128] 第 2 濃度分布 B 2 は、ソース領域 1 6、1 7 の底部側の n 型不純物濃度およびコンタクト領域 1 8 の底部側の p 型不純物濃度が第 2 濃度分布 A 2 に加算された濃度分布を有している。第 3～第 4 濃度分布 B 3～B 4 は、第 3～第 4 濃度分布 A 3～A 4 にそれぞれ対応している。

[0129] ソース領域 1 6、1 7 は、ドリフト領域 1 1 の n 型不純物濃度よりも高い n 型不純物濃度を有している。ソース領域 1 6、1 7 の n 型不純物濃度は、ボディ領域 1 3 の p 型不純物濃度よりも高い。ソース領域 1 6、1 7 の n 型不純物濃度は、低濃度領域 2 5（極小値 P 2）の p 型不純物濃度よりも高い。ソース領域 1 6、1 7 の n 型不純物濃度は、第 1 高濃度領域 2 4 の p 型不純物濃度（第 1 極大値 P 1）よりも高い。ソース領域 1 6、1 7 の n 型不純物濃度は、第 2 高濃度領域 2 6 の p 型不純物濃度（第 2 極大値 P 3）よりも高い。

[0130] ソース領域 1 6、1 7 の n 型不純物濃度は、 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ 以下であってもよい。ソース領域 1 6、1 7 は、5 価元素としての燐を含むことが好ましい。ソース領域 1 6、1 7 は、 $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $0.45 \mu\text{m}$ 以下の厚さを有していてもよい。ソース領域 1 6、1 7 の厚さは、 $0.35 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

[0131] コンタクト領域 1 8 は、ボディ領域 1 3 の p 型不純物濃度よりも高い p 型不純物濃度を有している。コンタクト領域 1 8 の p 型不純物濃度は、低濃度領域 2 5（極小値 P 2）の p 型不純物濃度よりも高い。コンタクト領域 1 8 の p 型不純物濃度は、第 1 高濃度領域 2 4 の p 型不純物濃度（第 1 極大値 P

1) よりも高い。コンタクト領域 18 の p 型不純物濃度は、第 2 高濃度領域 26 の p 型不純物濃度 (第 2 極大値 P3) よりも高い。

[0132] コンタクト領域 18 の p 型不純物濃度は、この形態では、ソース領域 16、17 の n 型不純物濃度よりも高い。むろん、コンタクト領域 18 の p 型不純物濃度は、ソース領域 16、17 の n 型不純物濃度よりも低くてもよい。コンタクト領域 18 の p 型不純物濃度は、 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ 以下であってもよい。コンタクト領域 18 は、3 価元素としてのアルミニウムを含むことが好ましい。コンタクト領域 18 は、 $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $0.45 \mu\text{m}$ 以下の厚さを有していてもよい。コンタクト領域 18 の厚さは、 $0.4 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

[0133] 第 1 ~ 第 2 濃度分布 B1 ~ B2 を参照して、ソース領域 16、17 は、ボディ領域 13 の低濃度領域 25 に形成されている。具体的には、ソース領域 16、17 は、ボディ領域 13 の第 1 高濃度領域 24 および第 2 高濃度領域 26 に対して内方側にずれてボディ領域 13 の低濃度領域 25 に形成されている。

[0134] これにより、ソース領域 16、17 の n 型不純物濃度が第 1 高濃度領域 24 および第 2 高濃度領域 26 の p 型不純物濃度によって相殺されることが抑制されている。ソース領域 16、17 の両端部は、第 1 高濃度領域 24 および第 2 高濃度領域 26 に部分的に重複していてもよい。

[0135] むろん、ソース領域 16、17 の両端部は、第 1 高濃度領域 24 および第 2 高濃度領域 26 から内方に間隔を空けて形成されていてもよい。第 2 濃度分布 B2 において、第 2 濃度分布 A2 の場合と比較して低濃度領域 25 の p 型不純物濃度が低下しているのは、低濃度領域 25 の p 型不純物濃度がソース領域 16、17 の底部側の n 型不純物濃度によって相殺されているためである。

[0136] 一方、コンタクト領域 18 は、ボディ領域 13 の第 1 高濃度領域 24 に形成されている。具体的には、コンタクト領域 18 は、ボディ領域 13 の低濃度領域 25 および第 2 高濃度領域 26 に対して内方にずれてボディ領域 13

の第1高濃度領域24に形成されている。これにより、コンタクト領域18のp型不純物濃度が第1高濃度領域24によって高められている。

[0137] つまり、第1高濃度領域24は、ボディ領域13に対するコンタクト領域18のオーミック性を高めている。第2濃度分布B2において、第2濃度分布A2の場合と比較して第1高濃度領域24のp型不純物濃度が増加しているのは、第1高濃度領域24のp型不純物濃度にコンタクト領域18の底部側のp型不純物濃度が加算されているためである。

[0138] 第3～第4濃度分布B3～B4を参照して、ボディ領域13は、コンタクト領域18の下方の厚さ範囲において第1高濃度領域24を有している。第1高濃度領域24は、コンタクト領域18の下方の厚さ範囲において厚さ方向に漸減する濃度勾配を有している。具体的には、第1高濃度領域24は、コンタクト領域18の底部からボディ領域13の下端部に向けて単調に減少する濃度勾配を有している。ボディ領域13の下端部側の第1高濃度領域24の濃度は、コンタクト領域18の底部側の第1高濃度領域24の濃度未満である。

[0139] ボディ領域13は、コンタクト領域18の下方の厚さ範囲において第1高濃度領域24に対してボディ領域13の周縁部側の領域に低濃度領域25を有している。具体的には、ボディ領域13は、ソース領域16、17の下方の厚さ範囲において低濃度領域25を有している。

[0140] 低濃度領域25は、ソース領域16、17の下方の厚さ範囲において、厚さ方向に不純物濃度が漸減する濃度勾配を有している。具体的には、低濃度領域25は、ソース領域16、17の底部（相殺部を除く）からボディ領域13の下端部に向けて単調に減少する濃度勾配を有している。ボディ領域13の下端部側の低濃度領域25の濃度は、ソース領域16、17の底部側の低濃度領域25の濃度未満である。

[0141] コンタクト領域18の下方の厚さ範囲において、低濃度領域25の濃度低下率は、高濃度領域の濃度低下率よりも小さい。したがって、高濃度領域および低濃度領域25の間の濃度差は、ボディ領域13の下端部に向けて漸減

している。つまり、コンタクト領域 18 の下方の厚さ範囲において、ボディ領域 13 の下端部側の濃度差は、コンタクト領域 18 底部側の濃度差未満である。

[0142] 図 6、図 7 および図 10A を再度参照して、半導体装置 1A は、第 1 主面 3 の表層部に形成された n 型の複数の表層ドリフト領域 27 を含む。複数の表層ドリフト領域 27 は、この形態では、ドリフト領域 11 の一部からそれぞれなる。むしろ、複数の表層ドリフト領域 27 は、ドリフト領域 11 の n 型不純物濃度よりも高い n 型不純物濃度を有していてもよいし、ドリフト領域 11 の n 型不純物濃度よりも低い n 型不純物濃度を有していてもよい。

[0143] 複数の表層ドリフト領域 27 は、ドリフト領域 11 の表層部において第 1 方向 X に隣り合う複数のボディ領域 13 の間の領域にそれぞれ区画されている。つまり、複数の表層ドリフト領域 27 は、第 1 方向 X に間隔を空けて配列され、第 2 方向 Y に延びる帯状にそれぞれ形成されている。また、複数の表層ドリフト領域 27 は、第 2 方向 Y に延びるストライプ状に形成されている。以下、1 つの表層ドリフト領域 27 の構成が説明される。

[0144] 表層ドリフト領域 27 は、水平方向（この形態では第 1 方向 X）に関して、 $0.1\ \mu\text{m}$ 以上 $5\ \mu\text{m}$ 以下のドリフト幅 WD を有している。ドリフト幅 WD は、ボディ幅未満であることが好ましい。むしろ、ドリフト幅 WD は、ボディ幅 WB よりも大きくてもよい。ドリフト幅 WD は、 $0.2\ \mu\text{m}$ 以上 $2\ \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

[0145] ドリフト幅 WD は、 $0.1\ \mu\text{m}$ 以上 $0.5\ \mu\text{m}$ 以下、 $0.5\ \mu\text{m}$ 以上 $1\ \mu\text{m}$ 以下、 $1\ \mu\text{m}$ 以上 $1.5\ \mu\text{m}$ 以下、 $1.5\ \mu\text{m}$ 以上 $2\ \mu\text{m}$ 以下、 $2\ \mu\text{m}$ 以上 $2.5\ \mu\text{m}$ 以下、 $2.5\ \mu\text{m}$ 以上 $3\ \mu\text{m}$ 以下、 $3\ \mu\text{m}$ 以上 $3.5\ \mu\text{m}$ 以下、 $3.5\ \mu\text{m}$ 以上 $4\ \mu\text{m}$ 以下、 $4\ \mu\text{m}$ 以上 $4.5\ \mu\text{m}$ 以下、および、 $4.5\ \mu\text{m}$ 以上 $5\ \mu\text{m}$ 以下のうちの少なくとも 1 つの範囲に属する値を有していてもよい。

[0146] 表層ドリフト領域 27 は、ボディ領域 13 の断面形状に対応して、ドリフト幅 WD が厚さ方向に向けて増加するように複数のボディ領域 13 の間の領

域に区画されている。複数のボディ領域 13 が複数の膨出部 19 を有している場合、表層ドリフト領域 27 は複数の膨出部 19 によって区画された部分を有する（図 10B～図 10D 参照）。

[0147] 表層ドリフト領域 27 は、ボディ領域 13 の上端部を起点にドリフト幅 W_D が厚さ方向に向けて増加するように形成されている。つまり、ドリフト幅 W_D は、ボディ領域 13 の上端部および下端部の間の厚さ範囲の全域に亘って上端部側から下端部側に向けて増加している。

[0148] 表層ドリフト領域 27 は、両サイドに位置された複数のボディ領域 13 と n 型（ pnp 型）の JFET 構造を形成している。表層ドリフト領域 27 は、複数のボディ領域 13 の間の領域において厚さ方向に拡がる電流経路を形成し、電流狭窄効果を低減している。つまり、JFET 構造の JFET 抵抗成分は、複数のボディ領域 13 の周縁部の断面形状（つまり、表層ドリフト領域 27 の断面形状）に起因して低減されている。また、表層ドリフト領域 27 は、複数のボディ領域 13 の間の領域における電流密度を低下し、複数のボディ領域 13 の周縁部に対する電界集中を緩和している。

[0149] 半導体装置 1A は、第 1 主面 3 の表層部に形成された p 型の複数のチャネル領域 28、29 を含む。複数のチャネル領域 28、29 は、この形態では、第 1 方向 X に間隔を空けて配列され、第 2 方向 Y に延びる帯状にそれぞれ形成されている。また、複数のチャネル領域 28、29 は、第 2 方向 Y に延びるストライプ状に配列されている。

[0150] 複数のチャネル領域 28、29 は、ボディ領域 13 の表層部において複数のソース領域 16、17 に起因して形成される。具体的には、複数のチャネル領域 28、29 は、第 1 方向 X の一方側の第 1 チャネル領域 28 および第 1 方向 X の他方側の第 2 チャネル領域 29 を含む。第 1 チャネル領域 28 は、第 1 ソース領域 16 に起因してボディ領域 13 の表層部に形成される。第 2 チャネル領域 29 は、第 2 ソース領域 17 に起因してボディ領域 13 の表層部に形成される。

[0151] チャネル領域 28、29 は、ボディ領域 13 の表層部においてボディ領域

13の周縁部（複数の表層ドリフト領域27）およびソース領域16、17の間の領域に形成される。つまり、チャンネル領域28、29は、サブ傾斜部14に沿って形成される部分、および、メイン傾斜部15の上端部に沿って形成される部分を有している。

[0152] 半導体装置1Aは、活性領域8において第1主面3の上に配置されたプレーナ電極型の複数のゲート構造30を含む。複数のゲート構造30は、第1方向Xに間隔を空けて配列され、第2方向Yに延びる帯状にそれぞれ形成されている。つまり、複数のゲート構造30は、第2方向Yに延びるストライプ状に配列されている。また、複数のゲート構造30の延在方向は、SiC単結晶のオフ方向に一致している。

[0153] 各ゲート構造30は、少なくとも1つのボディ領域13の周縁部を被覆している。具体的には、各ゲート構造30は、少なくとも1つのサブ傾斜部14を被覆している。各ゲート構造30は、少なくとも1つのチャンネル領域28、29の上に位置されるように、少なくとも1つのボディ領域13の周縁部、少なくとも1つのソース領域16、17、および、1つの表層ドリフト領域27を被覆している。

[0154] 各ゲート構造30は、この形態では、1つの表層ドリフト領域27を横切って隣り合う2つのボディ領域13の周縁部（サブ傾斜部14）に跨るように配置され、複数のチャンネル領域28、29を被覆している。具体的には、各ゲート構造30は、一方のボディ領域13側の第1ソース領域16および他方のボディ領域13側の第2ソース領域17に跨るように配置され、第1ソース領域16、第2ソース領域17、表層ドリフト領域27、第1チャンネル領域28および第2チャンネル領域29を被覆している。

[0155] 各ゲート構造30は、コンタクト領域18から間隔を空けて第1ソース領域16を部分的に被覆し、第1主面3から第1ソース領域16の一部およびコンタクト領域18を露出させている。各ゲート構造30は、コンタクト領域18から間隔を空けて第2ソース領域17を部分的に被覆し、第1主面3から第2ソース領域17の一部およびコンタクト領域18を露出させている。

。

[0156] 以下、1つのゲート構造30の構成が説明される。ゲート構造30は、絶縁膜31およびゲート電極32を含む積層構造を有している。絶縁膜31は、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜および酸窒化シリコン膜のうちの少なくとも1つを含んでいてもよい。絶縁膜31は、この形態では、酸化シリコン膜からなる単層構造を有している。絶縁膜31は、チップ2の酸化物からなる酸化シリコン膜を含むことが特に好ましい。

[0157] 絶縁膜31は、第1主面3を膜状に被覆している。絶縁膜31は、少なくとも1つのボディ領域13の周縁部を被覆している。具体的には、絶縁膜31は、少なくとも1つのサブ傾斜部14を被覆している。絶縁膜31は、積層方向（鉛直方向Z）にサブ傾斜部14の全域およびメイン傾斜部15の全域に対向している。

[0158] 絶縁膜31は、少なくとも1つのチャネル領域28、29の上に位置されるように、少なくとも1つのボディ領域13の周縁部、少なくとも1つのソース領域16、17、および、1つの表層ドリフト領域27を被覆している。絶縁膜31は、この形態では、1つの表層ドリフト領域27を横切って隣り合う2つのボディ領域13の周縁部（サブ傾斜部14）に跨るように配置され、複数のチャネル領域28、29を被覆している。

[0159] 具体的には、絶縁膜31は、一方のボディ領域13側の第1ソース領域16および他方のボディ領域13側の第2ソース領域17に跨るように配置され、第1ソース領域16、第2ソース領域17、表層ドリフト領域27、第1チャネル領域28および第2チャネル領域29を被覆している。

[0160] 絶縁膜31は、コンタクト領域18から間隔を空けて第1ソース領域16を部分的に被覆し、第1主面3から第1ソース領域16の一部およびコンタクト領域18を露出させている。絶縁膜31は、コンタクト領域18から間隔を空けて第2ソース領域17を部分的に被覆し、第1主面3から第2ソース領域17の一部およびコンタクト領域18を露出させている。

[0161] 絶縁膜31は、10nm以上150nm以下の厚さを有していてもよい。

絶縁膜 31 の厚さは、10 nm 以上 25 nm 以下、25 nm 以上 50 nm 以下、50 nm 以上 75 nm 以下、75 nm 以上 100 nm 以下、100 nm 以上 125 nm 以下、および、125 nm 以上 150 nm 以下のうちの少なくとも 1 つの範囲に属する値を有していてもよい。絶縁膜 31 の厚さは、25 nm 以上 75 nm 以下であることが好ましい。

[0162] ゲート電極 32 は、絶縁膜 31 の上に配置されている。ゲート電極 32 には、制御電位としてのゲート電位が付与される。ゲート電極 32 は、p 型の導電性ポリシリコンおよび n 型の導電性ポリシリコンのうちのいずれか一方または双方を含んでいてもよい。ゲート電極 32 の導電型は、達成すべきゲート閾値電圧に応じて調節される。

[0163] ゲート電極 32 は、第 2 方向 Y に延びる帯状に形成されている。ゲート電極 32 は、この形態では、第 1 方向 X に関して絶縁膜 31 の両端から内方に間隔を空けて形成され、絶縁膜 31 の両端部を露出させている。ゲート電極 32 は、絶縁膜 31 を挟んで少なくとも 1 つのボディ領域 13 の周縁部を被覆している。具体的には、ゲート電極 32 は、絶縁膜 31 を挟んで少なくとも 1 つのサブ傾斜部 14 を被覆している。ゲート電極 32 は、積層方向（鉛直方向 Z）に絶縁膜 31 を挟んでサブ傾斜部 14 の全域およびメイン傾斜部 15 の全域に対向している。

[0164] ゲート電極 32 は、少なくとも 1 つのチャネル領域 28、29 に対向するように絶縁膜 31 の上に配置されている。具体的には、ゲート電極 32 は、絶縁膜 31 を挟んで少なくとも 1 つのボディ領域 13 の周縁部、少なくとも 1 つのソース領域 16、17、および、1 つの表層ドリフト領域 27 を被覆している。ゲート電極 32 は、この形態では、1 つの表層ドリフト領域 27 を横切って隣り合う 2 つのボディ領域 13 の周縁部（サブ傾斜部 14）に跨るように配置され、絶縁膜 31 を挟んで複数のチャネル領域 28、29 に対向している。

[0165] 具体的には、ゲート電極 32 は、一方のボディ領域 13 側の第 1 ソース領域 16 および他方のボディ領域 13 側の第 2 ソース領域 17 に跨るように配

置され、絶縁膜 31 を挟んで第 1 ソース領域 16、第 2 ソース領域 17、表層ドリフト領域 27、第 1 チャネル領域 28 および第 2 チャネル領域 29 を被覆している。

[0166] ゲート電極 32 は、ゲート電位に応答してチャネル領域 28、29 の反転および非反転を制御する。ゲート電極 32 にゲート電位が付与されると、チャネル領域 28、29 がオン状態になり、チャネル領域 28、29（ボディ領域 13）を介してドリフト領域 11 およびソース領域 16、17 の間にドレイン電流が流れる。このように、チップ 2 の内方部（活性領域 8）には、ドリフト領域 11 を含むプレーナゲート型のトランジスタ構造 T_r が形成されている。

[0167] 図 4～図 9 を参照して、半導体装置 1A は、外周領域 9 において第 1 主面 3 の表層部に形成された p 型のアウターボディ領域 35 を含む。アウターボディ領域 35 は、ドリフト領域 11 の表層部に形成されている。アウターボディ領域 35 は、ドリフト領域 11 の n 型不純物濃度よりも高い p 型不純物濃度を有している。アウターボディ領域 35 の p 型不純物濃度は、 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下であってもよい。

[0168] アウターボディ領域 35 は、ボディ領域 13 と同時に形成され、ボディ領域 13 の p 型不純物濃度とほぼ等しい p 型不純物濃度を有していることが好ましい。この場合、アウターボディ領域 35 は、ボディ領域 13 の濃度勾配と同様の濃度勾配を有していることが好ましい。むしろ、アウターボディ領域 35 の p 型不純物濃度は、ボディ領域 13 の p 型不純物濃度未満であってもよいし、ボディ領域 13 の p 型不純物濃度よりも高くてもよい。

[0169] アウターボディ領域 35 は、第 1 主面 3 の周縁（第 1～第 4 側面 5A～5D）から活性領域 8 側に間隔を空けてドリフト領域 11 の表層部に形成され、活性領域 8 に沿って帯状に延びている。アウターボディ領域 35 は、平面視において第 1 方向 X に帯状に延びる部分および第 2 方向 Y に帯状に延びる部分を有し、複数のボディ領域 13（活性領域 8）を複数方向から区画している。

- [0170] アウターボディ領域 35 は、この形態では、平面視において複数のボディ領域 13（活性領域 8）を一括して取り囲み、第 1 主面 3 の周縁に平行な 4 辺を有する多角環状（この形態では四角環状）に区画されている。つまり、アウターボディ領域 35 は、活性領域 8 および外周領域 9 の境界部を形成している。アウターボディ領域 35 は、平面視において第 1 方向 X に延びる部分および第 2 方向 Y に延びる部分を円弧状（好ましくは四分円弧状）に接続するエッジ部を有していてもよい（図 4 参照）。
- [0171] アウターボディ領域 35 は、第 1 主面 3 から露出している。アウターボディ領域 35 は、ドリフト領域 11 の底部から第 1 主面 3 側に間隔を空けて形成され、ドリフト領域 11 の一部を挟んで（ドレイン領域 10）に対向している。アウターボディ領域 35 は、ドリフト領域 11 の中間部から第 1 主面 3 側に間隔を空けて形成されていることが好ましい。むろん、アウターボディ領域 35 は、ドリフト領域 11 の中間部の深さ位置を厚さ方向に横切ってもよい。
- [0172] アウターボディ領域 35 は、活性領域 8 側の内縁部および第 1 主面 3 の周縁側の外縁部を有している。アウターボディ領域 35 の内縁部は、第 1 方向 X に延びる部分において複数のボディ領域 13 に接続され、ドリフト領域 11 の表層部において複数のボディ領域 13 と複数の表層ドリフト領域 27 をそれぞれ区画している。
- [0173] つまり、アウターボディ領域 35 は、複数のボディ領域 13 に電氣的に接続されている。これにより、アウターボディ領域 35 には、複数のボディ領域 13 を介してソース電位が付与される。アウターボディ領域 35 は、ドリフト領域 11 と p n 接合部を形成し、逆バイアス電圧の印加時においてドリフト領域 11 に空乏層を拡げる。
- [0174] アウターボディ領域 35 は、ソース領域 16、17 から第 2 方向 Y に間隔を空けて複数のボディ領域 13 に接続されている。したがって、アウターボディ領域 35 は、表層部においてソース領域 16、17 を有さない。また、アウターボディ領域 35 は、コンタクト領域 18 から第 2 方向 Y に間隔を空

けて複数のボディ領域 13 に接続されている。したがって、アウターボディ領域 35 は、表層部においてコンタクト領域 18 を有さない。

[0175] アウターボディ領域 35 は、ボディ領域 13 の幅よりも大きい幅を有していることが好ましい。アウターボディ領域 35 の幅は、延在方向に直交する方向の幅である。むろん、アウターボディ領域 35 の幅は、ボディ領域 13 の幅とほぼ等しくてもよいし、ボディ領域 13 の厚さ未満であってもよい。

[0176] ボディ領域 13 の幅に対するアウターボディ領域 35 の幅の比は、1 以上 50 以下であってもよい。幅の比は、1 以上 10 以下、10 以上 20 以下、20 以上 30 以下、30 以上 40 以下、および、40 以上 50 以下のうちの少なくとも 1 つの範囲に属する値を有していてもよい。幅の比は、10 以上であることが好ましい。幅の比は、20 以上 40 以下であることが好ましい。

[0177] アウターボディ領域 35 は、ボディ領域 13 の厚さ（深さ）とほぼ等しい厚さ（深さ）を有していることが好ましい。むろん、アウターボディ領域 35 の厚さは、ボディ領域 13 の厚さ未満であってもよいし、ボディ領域 13 の厚さよりも大きくてもよい。

[0178] 半導体装置 1A は、外周領域 9 において第 1 主面 3 に形成された p 型の終端領域 40 を含む。終端領域 40 は、「ウェル領域」、「終端ウェル領域」等と称されてもよい。終端領域 40 は、外周領域 9 においてドリフト領域 11 の表層部に形成されている。終端領域 40 の p 型不純物濃度は、 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以下であってもよい。

[0179] 終端領域 40 は、ボディ領域 13 の p 型不純物濃度とは異なる p 型不純物濃度を有していてもよい。終端領域 40 の p 型不純物濃度は、ボディ領域 13 の p 型不純物濃度よりも高くてもよいし、ボディ領域 13 の p 型不純物濃度よりも低くてもよい。むろん、終端領域 40 の p 型不純物濃度は、ボディ領域 13 の p 型不純物濃度とほぼ等しくてもよい。

[0180] 終端領域 40 は、アウターボディ領域 35 の p 型不純物濃度とは異なる p 型不純物濃度を有していてもよい。終端領域 40 の p 型不純物濃度は、アウ

ターボディ領域 35 の p 型不純物濃度よりも高くてもよいし、アウターボディ領域 35 の p 型不純物濃度よりも低くてもよい。むろん、終端領域 40 の p 型不純物濃度は、アウターボディ領域 35 の p 型不純物濃度とほぼ等しくてもよい。

[0181] 終端領域 40 は、第 1 主面 3 の周縁から内方に間隔を空けて、第 1 主面 3 の周縁およびアウターボディ領域 35 の間の領域に形成されている。終端領域 40 は、平面視においてアウターボディ領域 35 に沿って帯状に延びている。終端領域 40 は、平面視において第 1 方向 X に帯状に延びる部分および第 2 方向 Y に帯状に延びる部分を有し、活性領域 8 を複数方向から区画している。

[0182] 終端領域 40 は、この形態では、平面視においてアウターボディ領域 35（活性領域 8 および複数のボディ領域 13）を取り囲み、第 1 主面 3 の周縁に平行な 4 辺を有する多角環状（この形態では四角環状）に区画されている。終端領域 40 は、平面視において第 1 方向 X に延びる部分および第 2 方向 Y に延びる部分を円弧状（好ましくは四分円弧状）に接続するエッジ部を有していてもよい（図 4 参照）。

[0183] 終端領域 40 は、ドリフト領域 11 の底部から第 1 主面 3 側に間隔を空けて形成され、ドリフト領域 11 の一部を挟んでドレイン領域 10 に対向している。終端領域 40 は、ドリフト領域 11 の中間部から第 1 主面 3 側に間隔を空けて形成されていることが好ましい。むろん、終端領域 40 は、ドリフト領域 11 の中間部の深さ位置を厚さ方向に横切っていてもよい。終端領域 40 は、アウターボディ領域 35 の厚さ（深さ）とほぼ等しい厚さ（深さ）を有していてもよい。終端領域 40 の厚さは、アウターボディ領域 35 の厚さよりも大きくてもよいし、アウターボディ領域 35 の厚さよりも小さくてもよい。

[0184] 終端領域 40 は、活性領域 8 側の内縁部および第 1 主面 3 の周縁側の外縁部を有している。終端領域 40 の内縁部は、ドリフト領域 11 の表層部においてアウターボディ領域 35 の外縁部に接続されている。これにより、終端

領域 40 は、アウターボディ領域 35 に電氣的に接続されている。また、終端領域 40 は、アウターボディ領域 35 を介して複数のボディ領域 13 に電氣的に接続されている。終端領域 40 は、ドリフト領域 11 と p n 接合部を形成し、逆バイアス電圧の印加時においてドリフト領域 11 に空乏層を拡げる。

[0185] 終端領域 40 の内縁部は、この形態では、全周に亘ってアウターボディ領域 35 の外縁部に接続されている。終端領域 40 がアウターボディ領域 35 の p 型不純物濃度とほぼ等しい p 型不純物濃度を有している場合、終端領域 40 は、アウターボディ領域 35 の一部（引き出し部）と見做されてもよい。

[0186] 終端領域 40（内縁部）は、ドリフト領域 11 の表層部においてアウターボディ領域 35 の外縁部にオーバーラップしたオーバーラップ領域 41 を有している。オーバーラップ領域 41 は、アウターボディ領域 35 の外縁部および終端領域 40 の内縁部を含む高濃度な領域である。つまり、オーバーラップ領域 41 は、アウターボディ領域 35 の p 型不純物および終端領域 40 の p 型不純物の双方を含み、アウターボディ領域 35 の p 型不純物濃度および終端領域 40 の p 型不純物濃度の双方よりも高い p 型不純物濃度を有している。

[0187] オーバラップ領域 41 の p 型不純物濃度は、ボディ領域 13 の p 型不純物濃度よりも高い。オーバーラップ領域 41 の p 型不純物濃度は、コンタクト領域 18 の p 型不純物濃度未満であってもよい。むしろ、オーバーラップ領域 41 の p 型不純物濃度は、コンタクト領域 18 の p 型不純物濃度よりも高くてもよい。

[0188] オーバラップ領域 41 は、平面視においてアウターボディ領域 35 に沿って帯状に延びている。オーバーラップ領域 41 は、平面視において第 1 方向 X に帯状に延びる部分および第 2 方向 Y に帯状に延びる部分を有し、活性領域 8 を複数方向から区画している。オーバーラップ領域 41 は、この形態では、第 1 主面 3 の周縁に平行な 4 辺を有する多角環状（この形態では四角環状）に区画されている。

- [0189] オーバラップ領域41は、平面視において第1方向Xに延びる部分および第2方向Yに延びる部分を円弧状（好ましくは四分円弧状）に接続するエッジ部を有していてもよい（図4参照）。オーバラップ領域41の幅は、ボディ領域13の幅よりも大きいことが好ましい。むしろ、オーバラップ領域41の幅は、ボディ領域13の幅未満であってもよい。
- [0190] 半導体装置1Aは、オーバラップ領域41に代えて比較的高濃度のp型のウェル領域（46）を有していてもよい。この場合、ウェル領域（46）は、アウターボディ領域35のp型不純物濃度および終端領域40のp型不純物濃度の双方よりも高いp型不純物濃度を有している。
- [0191] ウェル領域（46）のp型不純物濃度は、ボディ領域13のp型不純物濃度よりも高い。ウェル領域（46）のp型不純物濃度は、コンタクト領域18のp型不純物濃度とほぼ等しくてもよい。むしろ、ウェル領域（46）のp型不純物濃度は、コンタクト領域18のp型不純物濃度未満であってもよいし、コンタクト領域18のp型不純物濃度よりも高くてもよい。
- [0192] ウェル領域（46）は、アウターボディ領域35の表層部および終端領域40の表層部のいずれか一方または双方に形成されていてもよい。このような構成は、終端領域40が、アウターボディ領域35のp型不純物濃度とほぼ等しいp型不純物濃度を有し、アウターボディ領域35の一部（引き出し部）として形成されている場合に有効である。
- [0193] 半導体装置1Aは、外周領域9において第1主面3の表層部に形成された少なくとも1つのp型のフィールド領域42を含む。複数のフィールド領域42は、電氣的に浮遊状態に形成されていてもよい。複数のフィールド領域42は、ソース電位に固定されていてもよい。
- [0194] フィールド領域42の個数は任意である。フィールド領域42の個数は、1個以上20個以下であってもよい。フィールド領域42の個数は、1個以上5個以下、5個以上10個以下、10個以上15個以下、および、15個以上20個以下のうちの少なくとも1つの範囲に属する値を有していてもよい。フィールド領域42の個数は、典型的には、1個以上8個以下である。

半導体装置 1 A は、この形態では、3 個のフィールド領域 4 2 を含む。

[0195] 複数のフィールド領域 4 2 は、ドリフト領域 1 1 の表層部に形成されている。複数のフィールド領域 4 2 は、第 1 主面 3 の周縁から内方に間隔を空けて第 1 主面 3 の周縁および複数のボディ領域 1 3（活性領域 8）の間の領域に形成されている。具体的には、複数のフィールド領域 4 2 は、第 1 主面 3 の周縁およびアウターボディ領域 3 5 の間の領域に形成されている。さらに具体的には、複数のフィールド領域 4 2 は、第 1 主面 3 の周縁および終端領域 4 0 の間の領域において、終端領域 4 0 の外縁部から第 1 主面 3 の周縁側に間隔を空けて配列されている。

[0196] 複数のフィールド領域 4 2 は、平面視において複数のボディ領域 1 3（終端領域 4 0）に沿って延びる帯状に形成されている。複数のフィールド領域 4 2 は、第 1 方向 X に帯状に延びる部分、および、第 2 方向 Y に帯状に延びる部分をそれぞれ有している。複数のフィールド領域 4 2 は、この形態では、平面視において複数のボディ領域 1 3（終端領域 4 0）を取り囲む多角環状（この形態では四角環状）に形成されている。複数のフィールド領域 4 2 は、第 1 方向 X に延びる部分および第 2 方向 Y に延びる部分を円弧状（好ましくは四分円弧状）に接続するエッジ部を有していてもよい（図 4 参照）。

[0197] 複数のフィールド領域 4 2 は、ドリフト領域 1 1 の底部の深さ位置から第 1 主面 3 側に間隔を空けて形成されている。複数のフィールド領域 4 2 は、ドリフト領域 1 1 の中間部の深さ位置から第 1 主面 3 側に間隔を空けて形成されていることが好ましい。むしろ、複数のフィールド領域 4 2 は、ドリフト領域 1 1 の中間部の深さ位置を厚さ方向に横切ってもよい。複数のフィールド領域 4 2 は、ドリフト領域 1 1 と p n 接合部をそれぞれ形成し、逆バイアス電圧の印加時においてドリフト領域 1 1 に向けて空乏層を拡げる。

[0198] 複数のフィールド領域 4 2 の幅、深さ、間隔、p 型不純物濃度等は任意であり、緩和すべき電界に応じて種々の値を取り得る。複数のフィールド領域 4 2 の幅は、ほぼ一定であってもよいし、不均一であってもよい。複数のフィールド領域 4 2 の幅は、第 1 主面 3 の周縁側に向けて徐々に増加して

もよい。複数のフィールド領域 4 2 の幅は、第 1 主面 3 の周縁側に向けて徐々に減少していてもよい。

[0199] 複数のフィールド領域 4 2 の深さは、ほぼ一定であってもよいし、不均一であってもよい。複数のフィールド領域 4 2 の深さは、第 1 主面 3 の周縁側に向けて徐々に増加していてもよい。複数のフィールド領域 4 2 の深さは、第 1 主面 3 の周縁側に向けて徐々に減少していてもよい。むしろ、複数のフィールド領域 4 2 は、比較的浅い浅部および当該浅部よりも深い深部を有していてもよい。浅部は内方側に形成され、深部は周縁側に形成されていてもよい。浅部は周縁側に形成され、深部は内方側に形成されていてもよい。

[0200] 複数のフィールド領域 4 2 の間隔は、ほぼ一定であってもよいし、不均一であってもよい。複数のフィールド領域 4 2 の間隔は、第 1 主面 3 の周縁側に向けて徐々に増加していてもよい。複数のフィールド領域 4 2 の間隔は、第 1 主面 3 の周縁側に向けて徐々に減少していてもよい。

[0201] 複数のフィールド領域 4 2 の p 型不純物濃度は、ほぼ一定であってもよいし、不均一であってもよい。複数のフィールド領域 4 2 の p 型不純物濃度は、第 1 主面 3 の周縁側に向けて徐々に増加していてもよい。複数のフィールド領域 4 2 の p 型不純物濃度は、第 1 主面 3 の周縁側に向けて徐々に減少していてもよい。

[0202] 複数のフィールド領域 4 2 は、ボディ領域 1 3 と同時に形成され、ボディ領域 1 3 の p 型不純物濃度とほぼ等しい p 型不純物濃度を有していてもよい。この場合、複数のフィールド領域 4 2 は、ボディ領域 1 3 の濃度勾配と同様の濃度勾配を有していてもよい。複数のフィールド領域 4 2 の p 型不純物濃度は、ボディ領域 1 3（アウターボディ領域 3 5）の p 型不純物濃度よりも高くてもよいし、ボディ領域 1 3（アウターボディ領域 3 5）の p 型不純物濃度よりも低くてもよい。

[0203] 複数のフィールド領域 4 2 の p 型不純物濃度は、終端領域 4 0 の p 型不純物濃度とほぼ等しくてもよい。複数のフィールド領域 4 2 の p 型不純物濃度は、終端領域 4 0 の p 型不純物濃度よりも高くてもよいし、終端領域 4 0 の

p型不純物濃度よりも低くてもよい。複数のフィールド領域42のp型不純物濃度は、 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以下であってもよい。

[0204] 半導体装置1Aは、外周領域9において第1主面3を被覆する外周絶縁膜43を含む。外周絶縁膜43は、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜および酸窒化シリコン膜のうちの少なくとも1つを含んでいてもよい。外周絶縁膜43は、この形態では、酸化シリコン膜からなる単層構造を有している。外周絶縁膜43は、チップ2の酸化物からなる酸化シリコン膜を含むことが特に好ましい。外周絶縁膜43は、絶縁膜31の絶縁材料と同種の絶縁材料からなることが好ましい。外周絶縁膜43は、絶縁膜31の厚さとほぼ等しい厚さを有していることが好ましい。

[0205] 外周絶縁膜43は、外周領域9において第1主面3を膜状に被覆している。外周絶縁膜43は、ドリフト領域11、アウターボディ領域35、終端領域40および複数のフィールド領域42を一括して被覆している。外周絶縁膜43は、活性領域8側において複数の絶縁膜31に接続されている。具体的には、外周絶縁膜43は、複数の絶縁膜31と一体的に形成され、複数の絶縁膜31と1つの絶縁膜を形成している。

[0206] 半導体装置1Aは、外周領域9において第1主面3の上に配置されたゲート配線44を含む。ゲート配線44は、第1主面3の上に選択的に引き回され、複数のゲート電極32とは異なる方向に延びる部分を有している。ゲート配線44は、複数のゲート電極32に接続され、複数のゲート電極32にゲート信号を付与する。ゲート配線44は、「第2ゲート電極」等と称されてもよい。

[0207] ゲート配線44は、p型の導電性ポリシリコンおよびn型の導電性ポリシリコンのうちのいずれか一方または双方を含んでいてもよい。ゲート配線44は、ゲート電極32の導電型と同じ導電型を有していることが好ましい。

[0208] ゲート配線44は、外周領域9において第1主面3の周縁から活性領域8側に間隔を空けて外周絶縁膜43の上に配置されている。ゲート配線44は、この形態では、終端領域40から活性領域8側に間隔を空けて配置され、

外周絶縁膜 4 3 のうちアウターボディ領域 3 5 を被覆する部分の上に配置されている。つまり、ゲート配線 4 4 は、外周絶縁膜 4 3 を挟んでアウターボディ領域 3 5 に対向している。ゲート配線 4 4 は、積層方向に終端領域 4 0 に対向する位置に配置されていてもよい。

[0209] ゲート配線 4 4 は、平面視において複数のボディ領域 1 3（活性領域 8）に沿って帯状に延びている。ゲート配線 4 4 は、平面視において第 1 方向 X に帯状に延びる部分および第 2 方向 Y に帯状に延びる部分を有し、複数のボディ領域 1 3（活性領域 8）を複数方向から区画している。ゲート配線 4 4 は、この形態では、平面視において複数のボディ領域 1 3（活性領域 8）を取り囲み、第 1 主面 3 の周縁に平行な 4 辺を有する多角環状（この形態では四角環状）に区画されている。ゲート配線 4 4 は、有端状または無端状であってもよい。

[0210] ゲート配線 4 4 は、この形態では、平面視においてアウターボディ領域 3 5 に沿って帯状（この形態では環状）に延び、積層方向の全域に外周絶縁膜 4 3 を挟んでアウターボディ領域 3 5 に対向している。ゲート配線 4 4 は、平面視において第 1 方向 X に延びる部分および第 2 方向 Y に延びる部分を円弧状（好ましくは四分円弧状）に接続するエッジ部を有していてもよい（図 4 参照）。

[0211] ゲート配線 4 4 は、平面視においてアウターボディ領域 3 5 よりも幅狭に形成され、アウターボディ領域 3 5 の内縁部および外縁部から間隔を空けてアウターボディ領域 3 5 の上に配置されている。つまり、この形態では、複数のゲート電極 3 2 がアウターボディ領域 3 5 の上まで引き出され、ゲート配線 4 4 がアウターボディ領域 3 5 の上で複数のゲート電極 3 2 に接続されている。

[0212] ゲート配線 4 4 の厚さは、ゲート電極 3 2 の厚さとほぼ等しいことが好ましい。ゲート配線 4 4 の幅は、ゲート電極 3 2 の幅よりも大きいことが好ましい。ゲート配線 4 4 の幅は、延在方向に直交する方向の幅である。たとえば、ゲート電極 3 2 の幅に対するゲート配線 4 4 の幅の比は、1 以上 5 0 以

下であってもよい。

[0213] 幅の比は、1 以上 10 以下、10 以上 20 以下、20 以上 30 以下、30 以上 40 以下、および、40 以上 50 以下のうちの少なくとも 1 つの範囲に属する値を有していてもよい。幅の比は、5 以上であってもよい。幅の比は、20 以上 40 以下であってもよい。むろん、ゲート配線 44 の幅は、ゲート電極 32 の幅以下であってもよい。ゲート配線 44 の幅は、アウターボディ領域 35 の幅よりも大きくてもよい。

[0214] 半導体装置 1A は、第 1 主面 3 を被覆する絶縁性の層間膜 50 を含む。層間膜 50 は、「層間絶縁膜」、「中間絶縁膜」等と称されてもよい。層間膜 50 は、第 1 主面 3 に沿って延びる絶縁面 51 を有している。層間膜 50 は、第 1 主面 3 の上で活性領域 8 および外周領域 9 を一括して被覆している。

[0215] 層間膜 50 は、活性領域 8 において複数のゲート構造 30 を被覆している。層間膜 50 は、外周領域 9 において外周絶縁膜 43 を挟んでドリフト領域 11、アウターボディ領域 35、終端領域 40 および複数のフィールド領域 42 を一括して被覆している。層間膜 50 は、外周領域 9 においてゲート配線 44 を被覆している。層間膜 50 は、第 1 ～第 4 側面 5A ～5D に連なっている。層間膜 50 は、第 1 ～第 4 側面 5A ～5D から内方に間隔を空けて形成され、第 1 主面 3 の周縁部（ドリフト領域 11）を露出させていてもよい。

[0216] 層間膜 50 は、この形態では、第 1 主面 3 側からこの順に積層された第 1 酸化膜 52（第 1 絶縁膜）および第 2 酸化膜 53（第 2 絶縁膜）を含む積層構造を有している。つまり、層間膜 50 は、第 2 酸化膜 53 によって形成された絶縁面 51 を有している。第 1 酸化膜 52 は、不純物無添加の酸化シリコン膜からなる単層構造を有している。第 1 酸化膜 52 は、NSG 膜（Nondoped Silicate Glass film）と称されてもよい。第 1 酸化膜 52 は、この形態では、ゲート電極 32 の厚さ未満の厚さを有している。むろん、第 1 酸化膜 52 の厚さは、ゲート電極 32 の厚さよりも大きくてもよい。

[0217] 第 1 酸化膜 52 は、活性領域 8 および外周領域 9 を一括して被覆している

。第1酸化膜52は、活性領域8において複数のゲート構造30を一括して被覆している。第1酸化膜52は、各ゲート構造30に関して、絶縁膜31およびゲート電極32の双方を膜状に被覆している。

[0218] 第1酸化膜52は、絶縁膜31（第1主面3）を水平方向に沿って膜状に被覆する部分を有している。第1酸化膜52は、ゲート電極32の電極面（上端）の高さ位置から絶縁膜31側に間隔を空けて絶縁膜31を被覆している。第1酸化膜52は、ゲート電極32の側壁に沿って積層方向に膜状に延びる部分を有している。

[0219] 第1酸化膜52は、ゲート電極32の電極面を水平方向に沿って膜状に被覆する部分を有している。第1酸化膜52は、ゲート電極32の角部を被覆する部分において円弧状に湾曲した円弧角部を有していることが好ましい。円弧角部は、ゲート電極32側に曲率中心を有していてもよい。

[0220] 第1酸化膜52は、外周領域9において外周絶縁膜43を挟んでドリフト領域11、アウターボディ領域35、終端領域40および複数のフィールド領域42を一括して被覆している。第1酸化膜52は、外周領域9においてゲート配線44を被覆している。

[0221] 第1酸化膜52は、外周絶縁膜43（第1主面3）を水平方向に沿って膜状に被覆する部分を有している。第1酸化膜52は、ゲート配線44の配線面（上端）の高さ位置から外周絶縁膜43側に間隔を空けて外周絶縁膜43を被覆している。第1酸化膜52は、ゲート配線44の側壁に沿って積層方向に膜状に延びる部分を有している。

[0222] 第1酸化膜52は、ゲート配線44の配線面を水平方向に沿って膜状に被覆する部分を有している。第1酸化膜52は、ゲート配線44の角部を被覆する部分において円弧状に湾曲した円弧角部を有していることが好ましい。円弧角部は、ゲート配線44側に曲率中心を有していてもよい。

[0223] 第2酸化膜53は、燐を含有する酸化シリコン膜からなる単層構造、または、燐を含有する酸化シリコン膜を含む積層構造を有していてもよい。燐を含有する酸化シリコン膜は、ホウ素を含有していてもよい。燐を含有する酸

化シリコン膜は、P S G膜（Phosphorus Silicon Glass film）と称されてもよい。磷およびホウ素の双方を含有する酸化シリコン膜は、B P S G膜（Boron Phosphorus Silicon Glass film）と称されてもよい。

[0224] 第2酸化膜53は、第1酸化膜52の上に積層されたP S G膜またはB P S G膜からなる単層構造を有していてもよい。第2酸化膜53は、第1酸化膜52の上に積層されたP S G膜、および、P S G膜の上に積層されたB P S G膜を含む積層構造を有していてもよい。第2酸化膜53は、第1酸化膜52の上に積層されたB P S G膜、および、B P S G膜の上に積層されたP S G膜を含む積層構造を有していてもよい。

[0225] 第2酸化膜53は、この形態では、一例としてP S G膜からなる単層構造を有している。第2酸化膜53の厚さは、第1酸化膜52の厚さよりも大きくてもよい。第2酸化膜53は、第1酸化膜52の厚さ未満の厚さを有していてもよい。第2酸化膜53の厚さは、ゲート電極32の厚さよりも大きくてもよい。第2酸化膜53は、ゲート電極32の厚さ未満の厚さを有していてもよい。

[0226] 第2酸化膜53は、第1酸化膜52を膜状に被覆し、第1酸化膜52を挟んで活性領域8および外周領域9を一括して被覆している。第2酸化膜53は、活性領域8において第1酸化膜52を挟んで複数のゲート構造30を一括して被覆している。具体的には、第2酸化膜53は、第1酸化膜52を挟んで絶縁膜31およびゲート電極32の双方を膜状に被覆している。

[0227] 第2酸化膜53は、第1酸化膜52を挟んで絶縁膜31を被覆する部分を有している。第2酸化膜53は、ゲート電極32の側壁に沿って積層方向に膜状に延び、第1酸化膜52を挟んでゲート電極32の側壁を被覆する部分を有している。第2酸化膜53は、ゲート電極32の電極面に沿って水平方向に沿って膜状に延び、第1酸化膜52を挟んでゲート電極32の電極面を被覆する部分を有している。第2酸化膜53は、ゲート電極32の角部を被覆する部分において円弧状に湾曲した円弧角部を有していることが好ましい。円弧角部は、ゲート電極32側に曲率中心を有していてもよい。

- [0228] 第2酸化膜53は、外周領域9において外周絶縁膜43および第1酸化膜52を挟んでドリフト領域11、アウターボディ領域35、終端領域40および複数のフィールド領域42を一括して被覆している。第2酸化膜53は、外周領域9において第1酸化膜52を挟んでゲート配線44を被覆している。
- [0229] 第2酸化膜53は、第1酸化膜52を挟んで外周絶縁膜43を被覆する部分を有している。第2酸化膜53は、ゲート配線44の側壁に沿って積層方向に膜状に延び、第1酸化膜52を挟んでゲート配線44の側壁を被覆する部分を有している。第2酸化膜53は、ゲート配線44の配線面に沿って水平方向に膜状に延び、第1酸化膜52を挟んでゲート配線44の配線面を被覆する部分を有している。第2酸化膜53は、ゲート配線44の角部を被覆する部分において円弧状に湾曲した円弧角部を有していることが好ましい。円弧角部は、ゲート配線44側に曲率中心を有していてもよい。
- [0230] 半導体装置1Aは、活性領域8において層間膜50に形成された複数のソース開口54を含む。複数のソース開口54は、複数のゲート電極32から間隔を空けて複数のゲート電極32の側方の領域にそれぞれ形成され、第1主面3（チップ2）を露出させている。具体的には、複数のソース開口54は、複数のゲート電極32の間の領域において絶縁膜31および層間膜50を貫通している。
- [0231] 複数のソース開口54は、第1酸化膜52および第2酸化膜53の双方を貫通し、第1酸化膜52および第2酸化膜53の双方によって区画された壁面を有している。複数のソース開口54は、層間膜50の円弧角部によって区画された開口端をそれぞれ有している。複数のソース開口54は、対応する複数のソース領域16、17およびコンタクト領域18をそれぞれ露出させている。
- [0232] 複数のソース開口54は、この形態では、第1方向Xに間隔を空けて形成され、第2方向Yに延びる帯状にそれぞれ形成されている。つまり、複数のソース開口54は、第2方向Yに延びるストライプ状に形成されている。複

数のソース開口54は、ゲート配線44から第2方向Yに間隔を空けて形成されている。つまり、複数のソース開口54は、複数のゲート電極32およびゲート配線44によって取り囲まれた領域に形成されている。

[0233] 複数のソース開口54が第1方向Xに隣り合う2つのゲート構造30の間の領域に形成されていてもよい。この場合、複数のソース開口54は、第2方向Yに一行に間隔を空けて形成されていてもよい。さらにこの場合、各ソース開口54は、平面視において四角形状（正方形）、第1方向Xに延びる長方形、第2方向Yに延びる長方形、六角形状、円形状等に形成されていてもよい。

[0234] ソース開口54は、 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $3\mu\text{m}$ 以下の幅Wを有していてもよい。ソース開口54の幅Wは、 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $0.25\mu\text{m}$ 以下、 $0.25\mu\text{m}$ 以上 $0.5\mu\text{m}$ 以下、 $0.5\mu\text{m}$ 以上 $0.75\mu\text{m}$ 以下、 $0.75\mu\text{m}$ 以上 $1\mu\text{m}$ 以下、 $1\mu\text{m}$ 以上 $1.25\mu\text{m}$ 以下、 $1.25\mu\text{m}$ 以上 $1.5\mu\text{m}$ 以下、 $1.5\mu\text{m}$ 以上 $1.75\mu\text{m}$ 以下、 $1.75\mu\text{m}$ 以上 $2\mu\text{m}$ 以下、 $2\mu\text{m}$ 以上 $2.25\mu\text{m}$ 以下、 $2.25\mu\text{m}$ 以上 $2.5\mu\text{m}$ 以下、 $2.5\mu\text{m}$ 以上 $2.75\mu\text{m}$ 以下、および、 $2.75\mu\text{m}$ 以上 $3\mu\text{m}$ 以下のうちの少なくとも1つの範囲に属する値を有していてもよい。ソース開口54の幅Wは、 $0.2\mu\text{m}$ 以上 $1\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

[0235] ソース開口54は、 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $2\mu\text{m}$ 以下の深さDを有していてもよい。ソース開口54の深さDは、 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $0.25\mu\text{m}$ 以下、 $0.25\mu\text{m}$ 以上 $0.5\mu\text{m}$ 以下、 $0.5\mu\text{m}$ 以上 $0.75\mu\text{m}$ 以下、 $0.75\mu\text{m}$ 以上 $1\mu\text{m}$ 以下、 $1\mu\text{m}$ 以上 $1.25\mu\text{m}$ 以下、 $1.25\mu\text{m}$ 以上 $1.5\mu\text{m}$ 以下、 $1.5\mu\text{m}$ 以上 $1.75\mu\text{m}$ 以下、および、 $1.75\mu\text{m}$ 以上 $2\mu\text{m}$ 以下のうちの少なくとも1つの範囲に属する値を有していてもよい。ソース開口54の深さDは、 $0.5\mu\text{m}$ 以上 $1\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

[0236] ソース開口54は、 0.5 以上 3 以下のアスペクト比 D/W を有していることが好ましい。アスペクト比 D/W は、ソース開口54の幅Wに対するソ

ース開口54の深さDの比によって定義される。アスペクト比 D/W は、0.5以上0.75以下、0.75以上1以下、1以上1.25以下、1.25以上1.5以下、1.5以上1.75以下、1.75以上2以下、2以上2.25以下、2.25以上2.5以下、2.5以上2.75以下、および、2.75以上3以下のうちの少なくとも1つの範囲に属する値を有していてもよい。

[0237] アスペクト比 D/W は、1よりも大きいことが好ましい。つまり、複数のソース開口54は、幅Wよりも大きい深さDを有し、断面視において縦長形状にそれぞれ形成されていることが好ましい。この構成によれば、複数のゲート構造30が狭ピッチで配列される。縦長のソース開口54のアスペクト比 D/W は、1より大きく2以下であることが好ましい。

[0238] 半導体装置1Aは、第1主面3において複数のソース開口54から露出した部分にそれぞれ形成された複数のソースリセス55を含む。半導体装置1Aは、必ずしもソースリセス55を有している必要はない。したがって、ソースリセス55を有さない構成が採用されてもよい。

[0239] 複数のソースリセス55は、対応するソース開口54の平面形状に整合する平面形状をそれぞれ有し、第1主面3から第2主面4側に向けて窪んでいる。複数のソースリセス55は、対応するボディ領域13の下端部から第1主面3側に間隔を空けて形成され、対応する複数のソース領域16、17およびコンタクト領域18をそれぞれ露出させている。

[0240] 具体的には、複数のソースリセス55は、対応する複数のソース領域16、17（コンタクト領域18）の底部から第1主面3側に間隔を空けて形成されている。複数のソースリセス55は、水平方向に少なくともサブ傾斜部14に対向している。むしろ、複数のソースリセス55は、水平方向にサブ傾斜部14およびメイン傾斜部15の双方に対向していてもよい。

[0241] 半導体装置1Aは、外周領域9において層間膜50に形成された少なくとも1つ（この形態では複数）の OUTER 開口56を含む。複数の OUTER 開口56は、層間膜50において終端領域40を被覆する部分に形成されてい

る。複数のアウター開口 5 6 は、層間膜 5 0 を貫通し、終端領域 4 0 を露出させている。複数のアウター開口 5 6 は、この形態では、層間膜 5 0 において終端領域 4 0 のオーバーラップ領域 4 1 を被覆する部分に形成され、オーバーラップ領域 4 1 を露出させている。

[0242] 複数のアウター開口 5 6 は、終端領域 4 0（オーバーラップ領域 4 1）に代えてまたはこれに加えて、アウターボディ領域 3 5 を露出させていてもよい。複数のアウター開口 5 6 は、第 1 酸化膜 5 2 および第 2 酸化膜 5 3 の双方を貫通し、第 1 酸化膜 5 2 および第 2 酸化膜 5 3 の双方によって区画された壁面を有している。複数のアウター開口 5 6 は、層間膜 5 0 の円弧角部によって区画された開口端をそれぞれ有している。

[0243] 複数のアウター開口 5 6 は、終端領域 4 0（オーバーラップ領域 4 1）に沿って間隔を空けて形成されている（図 4 および図 5 参照）。複数のアウター開口 5 6 は、平面視において四角形状（正形状）、長方形、六角形状、円形状等に形成されていてもよい。複数のアウター開口 5 6 は、平面視において終端領域 4 0（オーバーラップ領域 4 1）に沿って延びる帯状に形成されていてもよい。アウター開口 5 6 は、ソース開口 5 4 と同様、アスペクト比 D/W （ $=0.5$ 以上 3 以下：好ましくは 1 よりも大きい）を有していてもよい。

[0244] 半導体装置 1 A は、単一のアウター開口 5 6 を有していてもよい。単一のアウター開口 5 6 は、終端領域 4 0（オーバーラップ領域 4 1）に沿って延びる帯状に形成されていてもよい。単一のアウター開口 5 6 は、平面視において第 1 方向 X に帯状に延びる部分および第 2 方向 Y に帯状に延びる部分を有していてもよい。

[0245] 単一のアウター開口 5 6 は、第 1 主面 3 の周縁に平行な 4 辺を有する有端状または無端状の多角環状（この形態では四角環状）に形成されていてもよい。単一のアウター開口 5 6 は、平面視において終端領域 4 0（オーバーラップ領域 4 1）に倣って第 1 方向 X に延びる部分および第 2 方向 Y に延びる部分を円弧状（好ましくは四分円弧状）に接続するエッジ部を有していてもよい。

い（図4参照）。

[0246] 半導体装置1Aは、第1主面3において複数のアウター開口56から露出した部分にそれぞれ形成された複数のアウターリセス57を含む。半導体装置1Aは、必ずしもアウターリセス57を有している必要はない。したがって、アウターリセス57を有さない構成が採用されてもよい。

[0247] 複数のアウターリセス57は、対応するアウター開口56の平面形状に整合する平面形状をそれぞれ有し、第1主面3から第2主面4側に向けて窪んでいる。複数のアウターリセス57は、終端領域40（オーバーラップ領域41）の底部から第1主面3側に間隔を空けて形成され終端領域40（オーバーラップ領域41）をそれぞれ露出させている。アウターリセス57は、ソースリセス55の深さとほぼ等しい深さを有していてもよい。単一のアウター開口56が形成される場合、単一のアウター開口56の平面形状に整合する単一のアウターリセス57が形成される。

[0248] 半導体装置1Aは、外周領域9において層間膜50に形成された少なくとも1つ（この形態では複数）のゲート開口58を含む。複数のゲート開口58は、層間膜50においてゲート配線44を被覆する部分に形成されている。複数のゲート開口58は、層間膜50を貫通し、ゲート配線44を露出させている。複数のゲート開口58は、第1酸化膜52および第2酸化膜53の双方を貫通し、第1酸化膜52および第2酸化膜53の双方によって区画された壁面を有している。複数のゲート開口58は、層間膜50の円弧角部によって区画された開口端をそれぞれ有している。

[0249] 複数のゲート開口58は、ゲート配線44に沿って間隔を空けて形成されている（図4および図5参照）。複数のゲート開口58は、平面視において四角形状（正方形）、長方形、六角形状、円形状等に形成されていてもよい。複数のゲート開口58は、平面視においてゲート配線44に沿って延びる帯状に形成されていてもよい。ゲート開口58は、ソース開口54と同様、アスペクト比 D/W （ $=0.5$ 以上 3 以下：好ましくは 1 よりも大きい）を有していてもよい。

- [0250] 半導体装置 1 A は、単一のゲート開口 5 8 を有していてもよい。単一のゲート開口 5 8 は、ゲート配線 4 4 に沿って延びる帯状に形成されていてもよい。単一のゲート開口 5 8 は、平面視において第 1 方向 X に帯状に延びる部分および第 2 方向 Y に帯状に延びる部分を有していてもよい。
- [0251] 単一のゲート開口 5 8 は、第 1 主面 3 の周縁に平行な 4 辺を有する有端状または無端状の多角環状（この形態では四角環状）に形成されていてもよい。単一のゲート開口 5 8 は、平面視においてゲート配線 4 4 に倣って第 1 方向 X に延びる部分および第 2 方向 Y に延びる部分を円弧状（好ましくは四分円弧状）に接続するエッジ部を有していてもよい（図 4 参照）。
- [0252] 図 1 等を参照して、半導体装置 1 A は、層間膜 5 0 の上に配置されたソースパッド電極 6 0 を含む。ソースパッド電極 6 0 は、外部からソース電位が付与される端子電極である。ソースパッド電極 6 0 は、「第 1 パッド電極」、「第 1 主面電極」、「第 1 端子電極」等と称されてもよい。
- [0253] ソースパッド電極 6 0 は、層間膜 5 0 のうち活性領域 8 を被覆する部分の上に配置されている。ソースパッド電極 6 0 は、層間膜 5 0 を挟んで複数のゲート電極 3 2 を被覆し、層間膜 5 0 によって複数のゲート電極 3 2 から電氣的に切り離されている。ソースパッド電極 6 0 は、複数のソース開口 5 4 を介して複数のボディ領域 1 3、複数のソース領域 1 6、1 7、コンタクト領域 1 8 等に電氣的に接続されている。
- [0254] ソースパッド電極 6 0 は、この形態では、第 1 パッド部 6 0 a、第 2 パッド部 6 0 b および第 3 パッド部 6 0 c を有している。第 1 パッド部 6 0 a は、比較的大きな平面積を有し、ソースパッド電極 6 0 の本体を形成している。第 1 パッド部 6 0 a は、この形態では、平面視においてチップ 2 の周縁に平行な 4 辺を有する多角形状（この形態では四角形状）に形成され、活性領域 8 の中央部に対して第 4 側面 5 D 側に偏在されている。第 1 パッド部 6 0 a は、層間膜 5 0 を挟んで複数のゲート電極 3 2 を被覆し、複数のソース開口 5 4 を介して複数のボディ領域 1 3 等に電氣的に接続されている。
- [0255] 第 2 パッド部 6 0 b は、第 1 パッド部 6 0 a の平面積未満の平面積を有し

、第1パッド部60aの第2方向Yの一端部（第1側面5A側の端部）から第3側面5C側に向けて帯状（四角形状）に引き出されている。第2パッド部60bは、層間膜50を挟んで複数のゲート電極32を被覆し、複数のソース開口54を介して複数のボディ領域13等に電氣的に接続されている。

[0256] 第3パッド部60cは、第1パッド部60aの平面積未満の平面積を有し、第1パッド部60aの第2方向Yの他端部（第2側面5B側の端部）から第3側面5C側に向けて帯状（四角形状）に引き出され、第2方向Yに第2パッド部60bに対向している。第3パッド部60cは、層間膜50を挟んで複数のゲート電極32を被覆し、複数のソース開口54を介して複数のボディ領域13等に電氣的に接続されている。

[0257] 第3パッド部60cの平面積は、第2パッド部60bの平面積とほぼ等しくてもよい。むろん、第3パッド部60cの平面積は、第2パッド部60bの平面積よりも大きくてもよいし、第2パッド部60bの平面積未満であってもよい。第2パッド部60bおよび第3パッド部60cのいずれか一方または双方は、電流モニタ用の端子部として使用されてもよい。

[0258] ソースパッド電極60は、必ずしも第2パッド部60bおよび第3パッド部60cの双方を同時に有している必要はない。ソースパッド電極60は、第2パッド部60bおよび第3パッド部60cのうちのいずれ一方のみを有していてもよい。むろん、ソースパッド電極60は、第1パッド部60aのみからなり、第2パッド部60bおよび第3パッド部60cを有していなくてもよい。

[0259] 図6および図7を参照して、ソースパッド電極60は、第1下地電極膜61、複数の第1埋設電極62および第1主電極膜63を含む。第1下地電極膜61は「ソース下地電極膜」と称され、第1埋設電極62は「ソース埋設電極」と称され、第1主電極膜63は「ソース主電極膜」と称されてもよい。

[0260] 第1下地電極膜61は、ソースパッド電極60（第1パッド部60a、第2パッド部60bおよび第3パッド部60c）の下層部を形成し、活性領域

8において層間膜50を被覆している。第1下地電極膜61は、層間膜50のうち複数のソース開口54が形成された領域を一括して膜状に被覆し、絶縁面51の上から複数のソース開口54内に入り込んでいる。

[0261] 第1下地電極膜61は、絶縁面51を膜状に被覆する部分、および、複数のソース開口54の壁面を膜状に被覆する部分を有している。第1下地電極膜61は、層間膜50を挟んでゲート配線44を被覆する部分を有していてもよい。第1下地電極膜61は、平面視においてゲート配線44から内方に間隔を空けて形成されていてもよい。

[0262] 第1下地電極膜61は、この形態では、層間膜50の上に積層された第1電極膜64、および、第1電極膜64の上に積層された第2電極膜65を含む積層構造を有している。この形態では、第1電極膜64はTi膜を含み、第2電極膜65はTiN膜を含む。第1下地電極膜61は、必ずしも積層構造を有している必要はなく、第1電極膜64（Ti膜）および第2電極膜65（TiN膜）のいずれか一方からなる単層構造を有していてもよい。

[0263] 第1電極膜64の厚さは、10nm以上100nm以下であってもよい。第1電極膜64の厚さは、10nm以上25nm以下、25nm以上50nm以下、50nm以上75nm以下、および、75nm以上100nm以下のうちの少なくとも1つの範囲に属する値を有していてもよい。

[0264] 第2電極膜65の厚さは、50nm以上200nm以下であってもよい。第2電極膜65の厚さは、50nm以上75nm以下、75nm以上100nm以下、100nm以上125nm以下、125nm以上150nm以下、150nm以上175nm以下、および、175nm以上200nm以下のうちの少なくとも1つの範囲に属する値を有していてもよい。第2電極膜65の厚さは、第1電極膜64の厚さよりも大きいことが好ましい。

[0265] 第1電極膜64は、層間膜50のうち複数のソース開口54が形成された領域を一括して膜状に被覆し、絶縁面51の上から複数のソース開口54に入り込んでいる。第1電極膜64は、絶縁面51を膜状に被覆する部分、および、複数のソース開口54の壁面を膜状に被覆する部分を有している。第

1 電極膜 6 4 は、絶縁面 5 1（第 2 酸化膜 5 3）を直接被覆し、層間膜 5 0 を挟んで複数のゲート電極 3 2 に対向している。

[0266] 第 1 電極膜 6 4 は、層間膜 5 0（第 2 酸化膜 5 3）の円弧角部に倣って当該円弧角部を膜状に被覆し、ソース開口 5 4 に入り込んでいる。第 1 電極膜 6 4 は、円弧角部において円弧状に延びる部分を有している。これにより、層間膜 5 0（ソース開口 5 4 の壁面）に対する第 1 電極膜 6 4 の成膜性が向上されている。

[0267] 第 1 電極膜 6 4 は、ソース開口 5 4 の壁面に沿って延び、絶縁膜 3 1、第 1 酸化膜 5 2 および第 2 酸化膜 5 3 を被覆している。第 1 電極膜 6 4 は、層間膜 5 0 を挟んでゲート電極 3 2 の側壁に対向している。第 1 電極膜 6 4 は、各ソース開口 5 4 の底部において第 1 主面 3 を膜状に被覆し、第 1 主面 3 に電氣的に接続されている。具体的には、第 1 電極膜 6 4 は、各ソース開口 5 4 の底部においてソースリセス 5 5 を膜状に被覆する部分を有し、ボディ領域 1 3、複数のソース領域 1 6、1 7 およびコンタクト領域 1 8 に電氣的に接続されている。

[0268] 第 1 電極膜 6 4 は、第 1 主面 3 の高さ位置からソースリセス 5 5 の底部側に間隔を空けてソースリセス 5 5 を膜状に被覆していてもよい。第 1 電極膜 6 4 は、第 1 主面 3 の高さ位置に対してソースリセス 5 5 の底部側に位置された部分、および、第 1 主面 3 の高さ位置に対して絶縁膜 3 1 側に位置された部分を有していてもよい。

[0269] 第 2 電極膜 6 5 は、第 1 電極膜 6 4 の上において層間膜 5 0 のうち複数のソース開口 5 4 が形成された領域を一括して膜状に被覆している。第 2 電極膜 6 5 は、第 1 電極膜 6 4 を挟んで絶縁面 5 1 を膜状に被覆する部分、および、第 1 電極膜 6 4 を挟んで複数のソース開口 5 4 の壁面を膜状に被覆する部分を有している。

[0270] 第 2 電極膜 6 5 は、絶縁面 5 1 を被覆する部分において第 1 電極膜 6 4 および層間膜 5 0 を挟んで複数のゲート電極 3 2 に対向している。第 2 電極膜 6 5 は、第 1 電極膜 6 4 に倣って層間膜 5 0（第 2 酸化膜 5 3）の円弧角部

を膜状に被覆し、ソース開口 5 4 に入り込んでいる。第 2 電極膜 6 5 は、層間膜 5 0 の円弧角部において円弧状に延びる部分を有している。これにより、層間膜 5 0（ソース開口 5 4 の壁面）に対する第 2 電極膜 6 5 の成膜性が向上されている。

[0271] 第 2 電極膜 6 5 は、ソース開口 5 4 の壁面に沿って延び、第 1 電極膜 6 4 を挟んで絶縁膜 3 1、第 1 酸化膜 5 2 および第 2 酸化膜 5 3 を被覆している。第 2 電極膜 6 5 は、第 1 電極膜 6 4 および層間膜 5 0 を挟んでゲート電極 3 2 の側壁に対向している。第 2 電極膜 6 5 は、各ソース開口 5 4 の底部において第 1 電極膜 6 4 を挟んでソースリセス 5 5 を膜状に被覆する部分を有し、第 1 電極膜 6 4 を介してボディ領域 1 3、複数のソース領域 1 6、1 7 およびコンタクト領域 1 8 に電氣的に接続されている。

[0272] 第 1 電極膜 6 4 が第 1 主面 3 に対してソースリセス 5 5 の底部側に位置されている場合、第 2 電極膜 6 5 はソースリセス 5 5 内に位置された部分を有していてもよい。第 1 電極膜 6 4 が第 1 主面 3 よりも上方に位置された部分を有する場合、第 2 電極膜 6 5 の全体はソースリセス 5 5 の上方に位置される。

[0273] 複数の第 1 埋設電極 6 2 は、ソースパッド電極 6 0（第 1 パッド部 6 0 a、第 2 パッド部 6 0 b および第 3 パッド部 6 0 c）の中層部を形成し、複数のソース開口 5 4 にそれぞれ埋設されている。第 1 埋設電極 6 2 は、第 1 下地電極膜 6 1 の導電材料とは異なる導電材料を含む。第 1 埋設電極 6 2 は、タングステン、モリブデン、タングステン合金およびモリブデン合金のうちの少なくとも 1 つを含む。第 1 埋設電極 6 2 は、この形態では、タングステンを含む。

[0274] 複数の第 1 埋設電極 6 2 は、この形態では、単一の第 1 下地電極膜 6 1 を介して複数のソース開口 5 4 に対して 1 対 1 の対応関係でそれぞれ埋設されている。複数の第 1 埋設電極 6 2 は、複数のソース開口 5 4 内において第 1 主面 3（チップ 2）に電氣的に接続されている。具体的には、第 1 埋設電極 6 2 は、第 1 下地電極膜 6 1 を介して複数のソース領域 1 6、1 7 およびコ

ンタクト領域 18 に電氣的に接続されている。以下、1つの第1埋設電極 62 の構成が説明される。

- [0275] 第1埋設電極 62 は、ソース開口 54 から露出した第1埋設電極面 66 を有し、絶縁面 51 を露出させている。第1埋設電極面 66 は、「ソース埋設電極膜」と称されてもよい。第1埋設電極 62 は、絶縁面 51 から第1主面 3 側に間隔を空けてソース開口 54 に埋設され、第1下地電極膜 61（第2電極膜 65）のうち絶縁面 51 を被覆する部分を露出させている。
- [0276] 第1埋設電極 62 は、第1下地電極膜 61 を挟んで第1酸化膜 52 および第2酸化膜 53 を被覆している。第1埋設電極 62 は、水平方向にゲート電極 32 の側壁に対向している。第1下地電極膜 61 が第1主面 3 に対してソースリセス 55 の底部側に位置されている場合、第1埋設電極 62 はソースリセス 55 内に位置された部分を有していてもよい。第1下地電極膜 61 が第1主面 3 よりも上方に位置された部分を有する場合、第1埋設電極 62 の全体はソースリセス 55 の上方に位置される。
- [0277] 第1埋設電極面 66 は、絶縁面 51 よりも第1主面 3 側に位置され、積層方向（鉛直方向 Z）に関して層間膜 50 を挟んでゲート電極 32 の電極面に対向する部分を有さない。第1埋設電極面 66 は、この形態では、第1下地電極膜 61 を挟んで層間膜 50 の円弧角部を被覆する部分を有している。
- [0278] むろん、第1埋設電極面 66 は、層間膜 50 の円弧角部よりも下方に位置されていてもよい。第1埋設電極面 66 は、第1酸化膜 52 の高さ位置よりも絶縁面 51 側に位置されている。第1埋設電極面 66 は、ゲート電極 32 の電極面よりも上方に位置されていることが好ましい。
- [0279] 第1埋設電極面 66 は、中央部において第1主面 3（チップ 2）側に向けて窪んだ窪みを有している。窪みの底部は、ゲート電極 32 の電極面の高さ位置に対して絶縁面 51 側に位置されていることが好ましい。むろん、第1埋設電極面 66 の一部（たとえば窪み）または全部は、ゲート電極 32 の電極面よりも下方に位置されていてもよい。第1埋設電極面 66 の一部（たとえば窪み）または全部は、第1酸化膜 52 の高さ位置よりも絶縁面 51 側に

位置されていてもよい。

[0280] 第1主電極膜63は、ソースパッド電極60（第1パッド部60a、第2パッド部60bおよび第3パッド部60c）の上層部を形成し、第1下地電極膜61および複数の第1埋設電極62を膜状に被覆している。第1主電極膜63は、第1下地電極膜61の導電材料および第1埋設電極62の導電材料とは異なる導電材料を含む。

[0281] 第1主電極膜63は、Al膜、Al合金膜、Cu膜およびCu合金膜のうちの少なくとも1つを含んでいてもよい。Al合金膜は、AlSi合金膜、AlCu合金膜およびAlSiCu合金膜のうちの少なくとも1つを含んでいてもよい。第1主電極膜63は、第1下地電極膜61の厚さ（総厚さ）よりも大きい厚さを有している。第1主電極膜63は、第1埋設電極62の厚さよりも大きい厚さを有している。

[0282] 第1主電極膜63の厚さは、 $0.5\mu\text{m}$ 以上 $5\mu\text{m}$ 以下であってもよい。第1主電極膜63の厚さは、 $0.5\mu\text{m}$ 以上 $1\mu\text{m}$ 以下、 $1\mu\text{m}$ 以上 $1.5\mu\text{m}$ 以下、 $1.5\mu\text{m}$ 以上 $2\mu\text{m}$ 以下、 $2\mu\text{m}$ 以上 $2.5\mu\text{m}$ 以下、 $2.5\mu\text{m}$ 以上 $3\mu\text{m}$ 以下、 $3\mu\text{m}$ 以上 $3.5\mu\text{m}$ 以下、 $3.5\mu\text{m}$ 以上 $4\mu\text{m}$ 以下、 $4\mu\text{m}$ 以上 $4.5\mu\text{m}$ 以下、および、 $4.5\mu\text{m}$ 以上 $5\mu\text{m}$ 以下のうちの少なくとも1つの範囲に属する値を有していてもよい。

[0283] 第1主電極膜63は、絶縁面51を被覆する部分において第1下地電極膜61に機械的および電氣的に接続され、第1下地電極膜61および層間膜50を挟んで複数のゲート電極32に対向している。第1主電極膜63は、複数のソース開口54を被覆する部分において複数の第1埋設電極62に機械的および電氣的に接続されている。これにより、第1主電極膜63は、第1下地電極膜61および複数の第1埋設電極62の双方を介して複数のボディ領域13、複数のソース領域16、17、コンタクト領域18等に電氣的に接続されている。

[0284] 第1主電極膜63は、絶縁面51の高さ位置に対して第1主面3側の高さ位置で第1埋設電極面66に接続されている。第1主電極膜63は、第1埋

設電極面 6 6 の窪みを被覆する部分を有している。第 1 主電極膜 6 3 は、第 1 下地電極膜 6 1 を挟んで層間膜 5 0 の円弧角部を被覆する部分を有しているてもよい。

[0285] 第 1 主電極膜 6 3 は、第 1 酸化膜 5 2 の高さ位置よりも上方で第 1 埋設電極面 6 6 に接続されている。第 1 主電極膜 6 3 は、この形態では、ゲート電極 3 2 の電極面よりも上方で第 1 埋設電極面 6 6 に接続されている。つまり、第 1 主電極膜 6 3 は、水平方向にゲート電極 3 2 に対向する部分を有さない。第 1 埋設電極面 6 6 がゲート電極 3 2 の電極面の高さ位置や第 1 酸化膜 5 2 の高さ位置よりも下方に位置されている場合、第 1 主電極膜 6 3 は水平方向にゲート電極 3 2 に対向する部分を有しているてもよい。

[0286] 複数のソース開口 5 4 に対する第 1 主電極膜 6 3 の成膜性は、複数の第 1 埋設電極 6 2 によって向上されている。これにより、第 1 主面 3 および第 1 主電極膜 6 3 の間の電流経路が適切に確保される。このような構成は、複数のソース開口 5 4 に起因する成膜不良を抑制し、配線抵抗を削減する上で有効である。

[0287] 半導体装置 1 A は、第 1 主面 3 において複数のソース開口 5 4 から露出した部分の表面部にそれぞれ形成された複数の第 1 シリサイド部 6 7 を含む。複数の第 1 シリサイド部 6 7 は、複数のソースリセス 5 5 の壁面（側壁および底壁）に沿って膜状に形成され、第 1 下地電極膜 6 1 に機械的および電氣的に接続されている。つまり、複数の第 1 シリサイド部 6 7 は、複数のボディ領域 1 3 の表層部に形成され、第 1 下地電極膜 6 1 を介して複数の第 1 埋設電極 6 2 を複数のボディ領域 1 3 に電氣的に接続させている。

[0288] 第 1 シリサイド部 6 7 は、T i シリサイド、N i シリサイド、C o シリサイド、M o シリサイドおよび W シリサイドのうちの少なくとも 1 つを含んでもよい。第 1 シリサイド部 6 7 は、T i シリサイド、N i シリサイドまたは C o シリサイドからなることが好ましい。

[0289] 半導体装置 1 A は、ソースパッド電極 6 0 から外周領域 9 の上に引き出されたソースフィンガー電極 6 8 を含む。ソースフィンガー電極 6 8 は、ソー

スパッド電極 60 に付与されたソース電位を外周領域 9 に伝達する。ソースフィンガー電極 68 は、この形態では、ソースパッド電極 60（第 1 パッド部 60a）のうちの第 4 側面 5D 側の部分から層間膜 50 のうち外周領域 9 を被覆する部分の上に引き回されている。

[0290] ソースフィンガー電極 68 は、終端領域 40 の上まで引き出され、複数のアウター開口 56 を介して終端領域 40 に電氣的に接続されている。具体的には、ソースフィンガー電極 68 は、複数のアウター開口 56 を介して終端領域 40 のオーバーラップ領域 41 に電氣的に接続されている。

[0291] ソースフィンガー電極 68 は、終端領域 40（オーバーラップ領域 41）に沿って帯状に延びている。ソースフィンガー電極 68 は、平面視において第 1 方向 X に帯状に延びる部分および第 2 方向 Y に帯状に延びる部分を有している。ソースフィンガー電極 68 は、この形態では、第 1 主面 3 の周縁に平行な 4 辺を有する多角環状（この形態では四角環状）に形成され、ソースパッド電極 60 を取り囲んでいる。ソースフィンガー電極 68 は、平面視において第 1 方向 X に延びる部分および第 2 方向 Y に延びる部分を円弧状（好ましくは四分円弧状）に接続するエッジ部を有していてもよい（図 4 参照）。

[0292] ソースフィンガー電極 68 は、ソースパッド電極 60 と同様、第 1 下地電極膜 61、複数の第 1 埋設電極 62 および第 1 主電極膜 63 を含む。第 1 下地電極膜 61 は、ソースフィンガー電極 68 の下層部を形成し、外周領域 9 において層間膜 50 を被覆している。第 1 下地電極膜 61 は、層間膜 50 のうち複数のアウター開口 56 が形成された領域を一括して膜状に被覆し、絶縁面 51 の上から複数のアウター開口 56 内に入り込んでいる。第 1 下地電極膜 61 は、絶縁面 51 を膜状に被覆する部分、および、複数のアウター開口 56 の壁面を膜状に被覆する部分を有している。

[0293] 第 1 下地電極膜 61 は、ソースパッド電極 60 と同様、第 1 電極膜 64 および第 2 電極膜 65 を含む積層構造を有している。第 1 電極膜 64 は、層間膜 50 のうち複数のアウター開口 56 が形成された領域を一括して膜状に被覆し、絶縁面 51 の上から複数のアウター開口 56 に入り込んでいる。第 1

電極膜 6 4 は、絶縁面 5 1 を膜状に被覆する部分、および、複数のアウター開口 5 6 の壁面を膜状に被覆する部分を有している。

[0294] 第 1 電極膜 6 4 は、層間膜 5 0（第 2 酸化膜 5 3）の円弧角部に倣って当該円弧角部を膜状に被覆し、アウター開口 5 6 に入り込んでいる。第 1 電極膜 6 4 は、円弧角部において円弧状に延びる部分を有している。これにより、層間膜 5 0（アウター開口 5 6 の壁面）に対する第 1 電極膜 6 4 の成膜性が向上されている。第 1 電極膜 6 4 は、アウター開口 5 6 の壁面に沿って延び、外周絶縁膜 4 3、第 1 酸化膜 5 2 および第 2 酸化膜 5 3 を被覆している。

[0295] 第 1 電極膜 6 4 は、各アウター開口 5 6 の底部において第 1 主面 3 を膜状に被覆し、第 1 主面 3（チップ 2）に電氣的に接続されている。具体的には、第 1 電極膜 6 4 は、各アウター開口 5 6 の底部においてアウターリセス 5 7 を膜状に被覆する部分を有し、アウターリセス 5 7 内において終端領域 4 0（オーバーラップ領域 4 1）に電氣的に接続されている。

[0296] 第 1 電極膜 6 4 は、第 1 主面 3 の高さ位置からアウターリセス 5 7 の底部側に間隔を空けてアウターリセス 5 7 を膜状に被覆していてもよい。第 1 電極膜 6 4 は、第 1 主面 3 の高さ位置に対してアウターリセス 5 7 の底部側に位置された部分、および、第 1 主面 3 の高さ位置に対して外周絶縁膜 4 3 側に位置された部分を有していてもよい。

[0297] 第 2 電極膜 6 5 は、第 1 電極膜 6 4 の上において、層間膜 5 0 のうち複数のアウター開口 5 6 が形成された領域を一括して膜状に被覆している。第 2 電極膜 6 5 は、第 1 電極膜 6 4 を挟んで絶縁面 5 1 を膜状に被覆する部分、および、第 1 電極膜 6 4 を挟んで複数のアウター開口 5 6 の壁面を膜状に被覆する部分を有している。

[0298] 第 2 電極膜 6 5 は、第 1 電極膜 6 4 に倣って層間膜 5 0（第 2 酸化膜 5 3）の円弧角部を膜状に被覆し、アウター開口 5 6 に入り込んでいる。第 2 電極膜 6 5 は、層間膜 5 0（第 2 酸化膜 5 3）の円弧角部において円弧状に延びる部分を有している。これにより、層間膜 5 0（アウター開口 5 6 の壁面

）に対する第2電極膜65の成膜性が向上されている。第2電極膜65は、アウター開口56の壁面に沿って延び、第1電極膜64を挟んで外周絶縁膜43、第1酸化膜52および第2酸化膜53を被覆している。

[0299] 第2電極膜65は、各アウター開口56の底部において第1電極膜64を挟んでアウターリセス57を膜状に被覆する部分を有し、第1電極膜64を介して終端領域40（オーバーラップ領域41）に電氣的に接続されている。第1電極膜64が第1主面3に対してアウターリセス57の底部側に位置されている場合、第2電極膜65はアウターリセス57内に位置された部分を有していてもよい。第1電極膜64が第1主面3よりも上方に位置された部分を有する場合、第2電極膜65の全体はアウターリセス57の上方に位置される。

[0300] 複数の第1埋設電極62は、ソースフィンガー電極68の中層部を形成し、複数のアウター開口56にそれぞれ埋設されている。複数の第1埋設電極62は、この形態では、単一の第1下地電極膜61を介して複数のアウター開口56に対して1対1の対応関係でそれぞれ埋設されている。複数の第1埋設電極62は、第1下地電極膜61を介して終端領域40（オーバーラップ領域41）に電氣的に接続されている。

[0301] 第1埋設電極62は、アウター開口56から露出した第1埋設電極面66を有し、絶縁面51を露出させている。具体的には、第1埋設電極62は、絶縁面51から第1主面3側に間隔を空けてアウター開口56に埋設され、第1下地電極膜61（第2電極膜65）のうち絶縁面51を被覆する部分を露出させている。つまり、第1埋設電極面66は、絶縁面51よりも第1主面3側に位置されている。

[0302] 第1埋設電極62は、第1下地電極膜61を挟んで第1酸化膜52および第2酸化膜53を被覆している。第1埋設電極62は、第1下地電極膜61を挟んで層間膜50の円弧角部を被覆する部分を有している。第1埋設電極62は、層間膜50の円弧角部から外周絶縁膜43側に間隔を空けて埋設され、円弧角部の全域を露出させていてもよい。第1埋設電極面66は、アウ

ター開口 5 6 において第 1 酸化膜 5 2 の高さ位置よりも絶縁面 5 1 側に位置されている。むろん、第 1 埋設電極面 6 6 は、第 1 酸化膜 5 2 の高さ位置よりも外周絶縁膜 4 3 側に位置されていてもよい。

[0303] 第 1 下地電極膜 6 1 が第 1 主面 3 に対してアウターリセス 5 7 の底部側に位置されている場合、第 1 埋設電極 6 2 はアウターリセス 5 7 内に位置された部分を有していてもよい。第 1 下地電極膜 6 1 が第 1 主面 3 よりも上方に位置された部分を有する場合、第 1 埋設電極 6 2 の全体はアウターリセス 5 7 の上方に位置される。

[0304] 第 1 主電極膜 6 3 は、ソースフィンガー電極 6 8 の上層部を形成し、第 1 下地電極膜 6 1 および複数の第 1 埋設電極 6 2 を膜状に被覆している。第 1 主電極膜 6 3 は、絶縁面 5 1 を被覆する部分において第 1 下地電極膜 6 1 に機械的および電氣的に接続され、複数のアウター開口 5 6 を被覆する部分において複数の第 1 埋設電極 6 2 に機械的および電氣的に接続されている。第 1 主電極膜 6 3 は、第 1 下地電極膜 6 1 および複数の第 1 埋設電極 6 2 を介して終端領域 4 0（オーバーラップ領域 4 1）に電氣的に接続されている。

[0305] 第 1 主電極膜 6 3 は、絶縁面 5 1 の高さ位置に対して第 1 主面 3 側の高さ位置で第 1 埋設電極面 6 6 に接続されている。第 1 主電極膜 6 3 は、第 1 酸化膜 5 2 の高さ位置よりも上方で第 1 埋設電極面 6 6 に接続されている。第 1 主電極膜 6 3 は、第 1 埋設電極面 6 6 の窪みを被覆する部分を有している。

[0306] 第 1 主電極膜 6 3 は、第 1 下地電極膜 6 1 を挟んで層間膜 5 0 の円弧角部を被覆する部分を有していてもよい。第 1 埋設電極 6 2 が第 1 酸化膜 5 2 よりも下方に位置されている場合、第 1 主電極膜 6 3 は第 1 酸化膜 5 2 よりも下方の領域で第 1 埋設電極 6 2 に接続されていてもよい。

[0307] 複数のアウター開口 5 6 に対する第 1 主電極膜 6 3 の成膜性は、複数の第 1 埋設電極 6 2 によって向上されている。これにより、終端領域 4 0（オーバーラップ領域 4 1）および第 1 主電極膜 6 3 の間の電流経路が適切に確保される。このような構成は、複数のアウター開口 5 6 に起因する成膜不良を抑

制し、配線抵抗を削減する上で有効である。

[0308] 半導体装置 1 A は、第 1 主面 3 において複数のアウター開口 5 6 から露出した部分の表面部にそれぞれ形成された複数の第 2 シリサイド部 6 9 を含む。複数の第 2 シリサイド部 6 9 は、複数のアウターリセス 5 7 の壁面（側壁および底壁）に沿って膜状に形成され、第 1 下地電極膜 6 1 に機械的および電氣的に接続されている。つまり、複数の第 2 シリサイド部 6 9 は、終端領域 4 0（オーバーラップ領域 4 1）の表層部に形成され、第 1 下地電極膜 6 1 を介して複数の第 1 埋設電極 6 2 を終端領域 4 0（オーバーラップ領域 4 1）に電氣的に接続させている。

[0309] 第 2 シリサイド部 6 9 は、Ti シリサイド、Ni シリサイド、Co シリサイド、Mo シリサイドおよび W シリサイドのうちの少なくとも 1 つを含んでもよい。第 2 シリサイド部 6 9 は、Ti シリサイド、Ni シリサイドまたは Co シリサイドからなることが好ましい。第 2 シリサイド部 6 9 は、第 1 シリサイド部 6 7 と同種のシリサイドからなることが特に好ましい。

[0310] 半導体装置 1 A は、層間膜 5 0 の上に選択的に引き回されたゲートフィンガー電極 7 0 を含む。ゲートフィンガー電極 7 0 は、ゲート配線 4 4 にゲート電位を伝達する。ゲートフィンガー電極 7 0 は、層間膜 5 0 のうちゲート配線 4 4 を被覆する部分の上（つまり外周領域 9 の上）に引き回され、複数のゲート開口 5 8 を介してゲート配線 4 4 に電氣的に接続されている。

[0311] ゲートフィンガー電極 7 0 は、ソースパッド電極 6 0 およびソースフィンガー電極 6 8 から間隔を空けてソースパッド電極 6 0 およびソースフィンガー電極 6 8 の間の領域に配置されている。ゲートフィンガー電極 7 0 は、ゲート配線 4 4 に沿って帯状に延びている。ゲートフィンガー電極 7 0 は、平面視において第 1 方向 X に帯状に延びる部分および第 2 方向 Y に帯状に延びる部分を有している。

[0312] ゲートフィンガー電極 7 0 は、この形態では、第 1 主面 3 の周縁に平行な 4 辺を有する有端帯状に形成され、ソースパッド電極 6 0 を取り囲んでいる。ゲートフィンガー電極 7 0 は、平面視において第 1 方向 X に延びる部分お

よび第2方向Yに延びる部分を円弧状（好ましくは四分円弧状）に接続するエッジ部を有していてもよい（図4参照）。ゲートフィンガー電極70は、第4側面5D側においてソースフィンガー電極68を通過させる一対の開放端を有している。

[0313] 図8および図9を参照して、ゲートフィンガー電極70は、第2下地電極膜71、少なくとも1つ（この形態では複数）の第2埋設電極72および第2主電極膜73を含む。第2下地電極膜71は「ゲート下地電極膜」と称され、第2埋設電極72は「ゲート埋設電極」と称され、第2主電極膜73は「ゲート主電極膜」と称されてもよい。

[0314] 第2下地電極膜71は、ゲートフィンガー電極70の下層部を形成し、外周領域9において層間膜50を被覆している。第2下地電極膜71は、層間膜50のうち複数のゲート開口58が形成された領域を一括して膜状に被覆し、絶縁面51の上から複数のゲート開口58内に入り込んでいる。第2下地電極膜71は、絶縁面51を膜状に被覆する部分、および、複数のゲート開口58の壁面を膜状に被覆する部分を有している。

[0315] 第2下地電極膜71は、層間膜50の上に積層された第1電極膜74、および、第1電極膜74の上に積層された第2電極膜75を含む積層構造を有している。第1電極膜74はソース側の第1電極膜64と同種の導電材料を含み、第2電極膜75はソース側の第2電極膜65と同種の導電材料を含むことが好ましい。この形態では、第1電極膜74はTi膜を含み、第2電極膜75はTiN膜を含む。

[0316] 第2下地電極膜71は、必ずしも積層構造を有している必要はなく、第1電極膜74（Ti膜）および第2電極膜75（TiN膜）のいずれか一方からなる単層構造を有していてもよい。第1電極膜74は、ソース側の第1電極膜64の厚さとほぼ等しい厚さを有していてもよい。第2電極膜75は、ソース側の第2電極膜65の厚さとほぼ等しい厚さを有していてもよい。

[0317] 第1電極膜74は、層間膜50のうち複数のゲート開口58が形成された領域を一括して膜状に被覆し、絶縁面51の上から複数のゲート開口58に

入り込んでいる。つまり、第1電極膜74は、絶縁面51を膜状に被覆する部分、および、複数のゲート開口58の壁面を膜状に被覆する部分を有している。

[0318] 第1電極膜74は、層間膜50（第2酸化膜53）の円弧角部に倣って当該円弧角部を膜状に被覆し、ゲート開口58に入り込んでいる。第1電極膜74は、円弧角部において円弧状に延びる部分を有している。これにより、層間膜50（ゲート開口58の壁面）に対する第1電極膜74の成膜性が向上されている。

[0319] 第1電極膜74は、ゲート開口58の壁面に沿って延び、第1酸化膜52および第2酸化膜53を被覆している。第1電極膜74は、各ゲート開口58の底部においてゲート配線44を膜状に被覆し、ゲート配線44に電氣的に接続されている。

[0320] 第2電極膜75は、第1電極膜74の上において層間膜50のうち複数のゲート開口58が形成された領域を一括して膜状に被覆している。つまり、第2電極膜75は、第1電極膜74を挟んで絶縁面51を膜状に被覆する部分、および、第1電極膜74を挟んで複数のゲート開口58の壁面を膜状に被覆する部分を有している。

[0321] 第2電極膜75は、第1電極膜74に倣って層間膜50（第2酸化膜53）の円弧角部を膜状に被覆し、ゲート開口58に入り込んでいる。第2電極膜75は、層間膜50（第2酸化膜53）の円弧角部において円弧状に延びる部分を有している。これにより、層間膜50（ゲート開口58の壁面）に対する第2電極膜75の成膜性が向上されている。

[0322] 第2電極膜75は、ゲート開口58の壁面に沿って延び、第1電極膜74を挟んで第1酸化膜52および第2酸化膜53を被覆している。第2電極膜75は、各ゲート開口58の底部において第1電極膜74を挟んでゲート配線44を膜状に被覆する部分を有し、第1電極膜74を介してゲート配線44に電氣的に接続されている。

[0323] 複数の第2埋設電極72は、ゲートフィンガー電極70の中層部を形成し

、複数のゲート開口 5 8 にそれぞれ埋設されている。第 2 埋設電極 7 2 は、第 2 下地電極膜 7 1 の導電材料とは異なる導電材料を含む。第 2 埋設電極 7 2 は、タングステン、モリブデン、タングステン合金およびモリブデン合金のうちの少なくとも 1 つを含む。第 2 埋設電極 7 2 は、第 1 埋設電極 6 2 の導電材料と同種の導電材料を含むことが好ましい。第 2 埋設電極 7 2 は、この形態では、タングステンを含む。

[0324] 複数の第 2 埋設電極 7 2 は、この形態では、単一の第 2 下地電極膜 7 1 を介して複数のゲート開口 5 8 に対して 1 対 1 の対応関係でそれぞれ埋設されている。複数の第 2 埋設電極 7 2 は、複数のゲート開口 5 8 内において第 2 下地電極膜 7 1 を介してゲート配線 4 4 に電氣的に接続されている。

[0325] 第 2 埋設電極 7 2 は、ゲート開口 5 8 から露出した第 2 埋設電極面 7 6 を有し、絶縁面 5 1 を露出させている。第 2 埋設電極面 7 6 は、「ゲート埋設電極面」と称されてもよい。第 2 埋設電極 7 2 は、絶縁面 5 1 から第 1 主面 3 側に間隔を空けてゲート開口 5 8 に埋設され、第 2 下地電極膜 7 1（第 2 電極膜 7 5）のうち絶縁面 5 1 を被覆する部分を露出させている。つまり、第 2 埋設電極面 7 6 は、絶縁面 5 1 よりも第 1 主面 3 側に位置されている。

[0326] 第 2 埋設電極 7 2 は、第 2 下地電極膜 7 1 を挟んで第 1 酸化膜 5 2 および第 2 酸化膜 5 3 を被覆している。第 2 埋設電極 7 2 は、第 2 下地電極膜 7 1 を挟んで層間膜 5 0 の円弧角部を被覆する部分を有している。第 2 埋設電極 7 2 は、層間膜 5 0 の円弧角部からゲート配線 4 4 側に間隔を空けて埋設され、円弧角部の全域を露出させていてもよい。第 2 埋設電極面 7 6 は、第 1 酸化膜 5 2 の高さ位置よりも絶縁面 5 1 側に位置されている。むしろ、第 2 埋設電極面 7 6 は、第 1 酸化膜 5 2 の高さ位置よりもゲート配線 4 4 側に位置されていてもよい。

[0327] 第 2 主電極膜 7 3 は、ゲートフィンガー電極 7 0 の上層部を形成し、第 2 下地電極膜 7 1 および複数の第 2 埋設電極 7 2 を膜状に被覆している。第 2 主電極膜 7 3 は、第 2 下地電極膜 7 1 の導電材料および第 2 埋設電極 7 2 の導電材料とは異なる導電材料を含む。

- [0328] 第2主電極膜73は、Al膜、Al合金膜、Cu膜およびCu合金膜のうちの少なくとも1つを含んでいてもよい。Al合金膜は、AlSi合金膜、AlCu合金膜およびAlSiCu合金膜のうちの少なくとも1つを含んでいてもよい。第2主電極膜73は、第1主電極膜63の導電材料と同種の導電材料を含むことが好ましい。第2主電極膜73は、第1主電極膜63の厚さとほぼ等しい厚さを有していてもよい。
- [0329] 第2主電極膜73は、絶縁面51を被覆する部分において第2下地電極膜71に機械的および電氣的に接続され、複数のゲート開口58を被覆する部分において複数の第2埋設電極72に機械的および電氣的に接続されている。これにより、第2主電極膜73は、第2下地電極膜71および複数の第2埋設電極72を介してゲート配線44に電氣的に接続されている。
- [0330] 第2主電極膜73は、絶縁面51の高さ位置に対して第1主面3側の高さ位置で第2埋設電極72に接続されている。第2主電極膜73は、第1酸化膜52の高さ位置よりも上方で第2埋設電極面76に接続されている。第2主電極膜73は、第2埋設電極面76の窪みを被覆する部分を有している。
- [0331] 第2主電極膜73は、第2下地電極膜71を挟んで層間膜50の円弧角部を被覆する部分を有していてもよい。第2埋設電極72が第1酸化膜52よりも下方に位置されている場合、第2主電極膜73は第1酸化膜52よりも下方の領域で第2埋設電極72に接続されていてもよい。
- [0332] 複数のゲート開口58に対する第2主電極膜73の成膜性は、複数の第2埋設電極72によって向上されている。これにより、ゲート配線44および第2主電極膜73の間の電流経路が適切に確保される。このような構成は、複数のゲート開口58に起因する成膜不良を抑制し、配線抵抗を削減する上で有効である。
- [0333] 半導体装置1Aは、層間膜50の上に配置されたゲートパッド電極80を含む。ゲートパッド電極80は、外部からゲート電位が付与される端子電極である。ゲートパッド電極80は、「第2パッド電極」、「第2主面電極」、「第2端子電極」等と称されてもよい。ゲートパッド電極80は、ソース

パッド電極60およびソースフィンガー電極68から間隔を空けてソースパッド電極60およびソースフィンガー電極68の間の領域に配置されている。

[0334] ゲートパッド電極80は、この形態では、第1パッド部60aに対して第3側面5C側の領域に配置され、第2パッド部60bおよび第3パッド部60cによって挟み込まれている。つまり、ゲートパッド電極80は、第1方向Xに第1パッド部60aに対向し、第2方向Yに第2パッド部60bおよび第3パッド部60cに対向している。

[0335] ゲートパッド電極80は、平面視においてチップ2の周縁に平行な4辺を有する多角形状（この形態では四角形状）に形成されている。ゲートパッド電極80は、ソースパッド電極60（第1パッド部60a）の平面積未満を有している。ゲートパッド電極80は、第2パッド部60b（第3パッド部60c）の平面積未満の平面積を有していてもよい。

[0336] ゲートパッド電極80は、活性領域8および外周領域9を被覆する部分の上に配置され、ゲートフィンガー電極70に接続されている。ゲートパッド電極80は、層間膜50を挟んで複数のゲート電極32を被覆していてもよいし、層間膜50を挟んでゲート配線44を被覆していてもよい。

[0337] ゲートパッド電極80は、ゲートフィンガー電極70と同様、第2下地電極膜71および第2主電極膜73を含む。第2下地電極膜71は、ゲートパッド電極80の下層部を形成し、層間膜50を膜状に被覆している。第2下地電極膜71は、ゲートフィンガー電極70と同様、第1電極膜74および第2電極膜75を含む積層構造を有している。第1電極膜74は層間膜50を膜状に被覆し、第2電極膜75は第1電極膜74第を膜状に被覆している。第2主電極膜73は、ゲートパッド電極80の上層部を形成し、第2下地電極膜71を膜状に被覆している。

[0338] 具体的な図示は省略されるが、ゲートパッド電極80は、ゲートフィンガー電極70と同様、複数の第2埋設電極72を有していてもよい。この場合、ゲートパッド電極80は、ゲートフィンガー電極70と同様、複数の第2

埋設電極 7 2 を介してゲート配線 4 4 に電氣的に接続されていてもよい。

[0339] ゲートパッド電極 8 0 の下方に複数のゲート電極 3 2 が配置されている場合、ゲートパッド電極 8 0 は、複数の第 2 埋設電極 7 2 を介して複数のゲート電極 3 2 に電氣的に接続されていてもよい。むろん、ゲートパッド電極 8 0 は、複数の第 2 埋設電極 7 2 を有していなくてもよい。つまり、ゲートパッド電極 8 0 は、直下の領域において複数のゲート電極 3 2 に対する電氣的な接続部およびゲート配線 4 4 に対する電氣的な接続部を有していなくてもよい。

[0340] ゲートパッド電極 8 0 に付与されたゲート電位は、ゲートフィンガー電極 7 0 を介してゲート配線 4 4 に付与される。ゲート電位は、ゲート配線 4 4 に沿う配線経路（電流経路）を介して複数のゲート電極 3 2 に伝達される。これにより、複数のゲート電極 3 2 がオン状態になり、複数のチャネル領域 2 8、2 9 のオンオフが制御される。

[0341] 半導体装置 1 A は、第 2 主面 4 を被覆するドレインパッド電極 8 5 を含む。ドレインパッド電極 8 5 は、外部からドレイン電位が付与される端子電極である。ドレインパッド電極 8 5 は、「第 3 パッド電極」、「第 3 主面電極」、「第 3 端子電極」等と称されてもよい。ドレインパッド電極 8 5 は、ドレイン領域 1 0 に電氣的に接続されている。ドレインパッド電極 8 5 は、第 2 主面 4 の周縁（第 1 ～第 4 側面 5 A ～5 D）に連なるように第 2 主面 4 の全域を被覆していてもよい。ドレインパッド電極 8 5 は、第 2 主面 4 の周縁部を露出させるように第 2 主面 4 を部分的に被覆していてもよい。

[0342] ソースパッド電極 6 0 およびドレインパッド電極 8 5 の間（第 1 主面 3 および第 2 主面 4 の間）に印加可能なブレイクダウン電圧は、5 0 0 V 以上 3 0 0 0 V 以下であってもよい。ブレイクダウン電圧は、5 0 0 V 以上 1 0 0 0 V 以下、1 0 0 0 V 以上 1 5 0 0 V 以下、1 5 0 0 V 以上 2 0 0 0 V 以下、2 0 0 0 V 以上 2 5 0 0 V 以下、および、2 5 0 0 V 以上 3 0 0 0 V 以下のうちの少なくとも 1 つの範囲に属する値を有していてもよい。

[0343] 図 1 2 は、半導体装置 1 A の製造に使用されるウエハ 1 0 0 を示す概略図

である。図12を参照して、ウエハ100は、チップ2の基材であり、SiC単結晶を含む。ウエハ100は、扁平な円盤状に形成されている。むしろ、ウエハ100は、扁平な直方体形状に形成されていてもよい。ウエハ100は、一方側の第1ウエハ主面101、他方側の第2ウエハ主面102、ならびに、第1ウエハ主面101および第2ウエハ主面102を接続するウエハ側面103を有している。

[0344] 第1ウエハ主面101はチップ2の第1主面3に対応し、第2ウエハ主面102はチップ2の第2主面4に対応している。第1ウエハ主面101および第2ウエハ主面102は、SiC単結晶のc面によって形成されている。第1ウエハ主面101はSiC単結晶のシリコン面によって形成され、第2ウエハ主面102はSiC単結晶のカーボン面によって形成されている。ウエハ100（第1ウエハ主面101および第2ウエハ主面102）は、前述のオフ方向およびオフ角を有している。

[0345] ウエハ100は、ウエハ側面103においてSiC単結晶の結晶方位を示す目印104を有している。目印104は、オリエンテーションフラットおよびオリエンテーションノッチのいずれか一方または双方を含んでいてもよい。オリエンテーションフラットは、平面視において直線状に切り欠かれた切り欠き部からなる。オリエンテーションノッチは、平面視において第1ウエハ主面101の中央部に向けて凹形状（たとえば先細り形状）に切り欠かれた切り欠き部からなる。

[0346] 目印104は、m軸方向に延びる第1のオリエンテーションフラット、および、a軸方向に延びる第2のオリエンテーションフラットのいずれか一方または双方を含んでいてもよい。目印104は、m軸方向に窪んだオリエンテーションノッチ、および、a軸方向に窪んだオリエンテーションノッチのいずれか一方または双方を含んでいてもよい。

[0347] ウエハ100は、この形態では、第1半導体層6および第2半導体層7を含む積層構造を有している。第1半導体層6は、SiC単結晶（半導体単結晶）を含む半導体ウエハ（SiCウエハ）からなり、前述のオフ方向および

オフ角を有している。第1半導体層6は、第2ウエハ主面102およびウエハ側面103を形成している。

[0348] 第2半導体層7は、SiC単結晶（半導体単結晶）を含むエピタキシャル層（SiCエピタキシャル層）からなり、第1半導体層6の上に積層されている。つまり、ウエハ100は、この形態では、半導体ウエハおよびエピタキシャル層を含む積層構造を有するエピタキシャルウエハ（所謂エピウエハ）からなる。第2半導体層7は、前述のオフ方向およびオフ角を有している。第2半導体層7は、第1ウエハ主面101およびウエハ側面103を形成している。

[0349] ウエハ100は、第2ウエハ主面102側の領域（表層部）においてドレイン領域10を含む。ドレイン領域10は、第2ウエハ主面102に沿って延びる層状に形成されている。ドレイン領域10は、この形態では、第1半導体層6によって形成されている。

[0350] ウエハ100は、第1ウエハ主面101側の領域（表層部）においてドリフト領域11を含む。ドリフト領域11は、第1ウエハ主面101に沿って延びる層状に形成され、ドレイン領域10に電氣的に接続されている。ドリフト領域11は、この形態では、第2半導体層7によって形成されている。

[0351] ウエハ100は、複数のデバイス領域105および複数の切断予定ライン106を含む。たとえば、複数のデバイス領域105および複数の切断予定ライン106は、第1ウエハ主面101側に形成されたアライメントマーク等によって区画される。各デバイス領域105は、半導体装置1Aに対応する領域である。複数のデバイス領域105は、平面視において四角形状にそれぞれ設定されている。

[0352] 複数のデバイス領域105は、この形態では、平面視において第1方向Xおよび第2方向Yに沿って行列状に設定される。複数のデバイス領域105は、平面視において第1ウエハ主面101の周縁から内方に間隔を空けてそれぞれ設定されている。複数の切断予定ライン106は、複数のデバイス領域105を区画するように第1方向Xおよび第2方向Yに沿って延びる格子

状に設定されている。

- [0353] 図13A～図13Hは、半導体装置1Aの製造方法を示す断面図である。
図13A～図13Hでは、1つのデバイス領域105のうちの活性領域8の一部（ボディ構造12の形成部）の断面が示されている。
- [0354] 図13Aを参照して、まず、前述のウエハ100の用意工程が実施される。次に、図13Bを参照して、所定のレイアウトを有する第1マスク111の形成工程が実施される。第1マスク111は、第1ウエハ主面101の上に形成される。第1マスク111は、複数のボディ領域13を形成すべき領域を露出させる複数の開口112を有している。
- [0355] 第1マスク111は、無機系マスク（所謂ハードマスク）および有機系マスク（所謂ソフトマスク）のいずれか一方または双方を含んでもよい。第1マスク111は、無機系マスクまたは有機系マスクからなる単層構造を有していてもよい。第1マスク111は、第1ウエハ主面101側この順に積層された無機系マスクおよび有機系マスクを含む積層構造を有していてもよい。
- [0356] 第1マスク111は、無機系マスクとして酸化シリコン膜、窒化シリコン膜およびポリシリコン膜のうちの少なくとも1つを含んでもよい。第1マスク111は、有機系マスクとしてポジティブタイプまたはネガティブタイプの感光性樹脂膜（つまりレジスト膜）を含んでもよい。
- [0357] 次に、図13Cを参照して、ボディ領域13の形成工程が実施される。この工程では、p型不純物（3価元素）が、開口112（第1マスク111）を介するイオン注入法によってドリフト領域11の表層部に注入される。p型不純物（3価元素）は、アルミニウムであることが好ましい。p型不純物は、水平方向の注入範囲が厚さ方向に減少するようにドリフト領域11の表層部に注入される。これにより、第1ウエハ主面101に対して斜め方向に傾斜した周縁部を有するボディ領域13が形成される。
- [0358] 具体的には、p型不純物は、斜めイオン注入法によって第1ウエハ主面101に対して斜め方向に傾斜した注入角度でドリフト領域11の表層部に注

入される。注入角度は、鉛直方向Zに沿って延びる鉛直線を基準角度（ 0° ）としたとき、当該鉛直線に対するp型不純物の照射角度である。

[0359] 斜めイオン注入法では、鉛直線に対して正の注入角度および負の注入角度でp型不純物が注入される。注入角度の正負は相対的に定義される。したがって、鉛直線に対して水平方向（この形態では第1方向X）の一方側が正の注入角度と定義された場合、鉛直線に対して水平方向（この形態では第1方向X）の他方側が負の注入角度に定義される。

[0360] 斜めイオン注入法では、ドリフト領域11のうちの第1マスク111の直下の領域にもp型不純物が導入される。p型不純物の一部は、第1マスク111の下端部を通過してドリフト領域11の表層部に注入されてもよい。p型不純物は、第1マスク111の開口112の下端部を起点に弧状（円弧状）に注入される。

[0361] これにより、斜め方向に傾斜した周縁部（つまりサブ傾斜部14およびメイン傾斜部15）を有するボディ領域13が適切に形成される。また、正負の注入角度でp型不純物が導入されることにより、開口112の内方部（中間部）にp型不純物の重複注入箇所が生じ、第1高濃度領域24、低濃度領域25および第2高濃度領域26が形成される。

[0362] p型不純物は、ドリフト領域11の表層部の目的深さ位置に一段注入されてもよい。p型不純物は、ドリフト領域11の表層部の異なる目的深さ位置に異なる注入角度で多段注入されることが好ましい。p型不純物の注入工程は、一段注入工程および多段注入工程のいずれの場合においても、ドリフト領域11の同一の目的深さ位置に対して、同一のまたは異なるプロセス条件でp型不純物を複数回注入する工程を含んでいてもよい。

[0363] つまり、ここにいう「一段注入工程」は、同一の目的深さ位置に対してp型不純物を一回または複数回導入してボディ領域13を形成する工程を意味する。一方、「多段注入工程」は、複数の目的深さ位置に対してp型不純物を一回または複数回注入してボディ領域13を形成する工程を意味する。

[0364] 多段注入工程におけるp型不純物の注入段数（目的深さ位置の個数）は、

2 段、3 段、4 段、5 段、6 段、7 段、8 段、9 段または 10 段であってもよい。注入段数は、2 段以上 5 段以下であることが好ましい。多段注入工程の場合、p 型不純物の注入箇所が厚さ方向に重複するように異なる目的深さ位置に対して p 型不純物が注入される。これにより、厚さ方向に漸増減する濃度勾配（第 1 濃度勾配部 22 および第 2 濃度勾配部 23）を有するボディ領域 13 が形成される。

[0365] 多段注入工程においてドリフト領域 11 の深い領域に p 型不純物が注入される場合、ドリフト領域 11 による p 型不純物の捕獲や p 型不純物濃度の相殺が考慮され、ボディ領域 13 の下端部における p 型不純物濃度の不所望な低下が抑制される。たとえば、多段注入工程では、注入箇所が深くなるに従って、ドリフト領域 11 に対する p 型不純物のドーズ量（不純物濃度）が大きくなるように調節される。ドーズ量は、形成すべきボディ領域 13 の p 型不純物濃度に応じて適宜調節される。

[0366] また、多段注入工程では、注入箇所が深くなるに従って、ドリフト領域 11 に対する p 型不純物の注入エネルギーが大きくなるように調節される。注入エネルギーは、50 KeV 以上 1000 KeV 以下であり、p 型不純物濃度を注入すべき目的深さ位置に応じて適宜調節される。

[0367] ドリフト領域 11 の深い領域では、p 型不純物の注入範囲がプロセス条件（ドーズ量や注入エネルギー）に起因して水平方向に拡張され得る。したがって、多段注入工程では、注入箇所が深くなるに従って、ドリフト領域 11 に対する p 型不純物の注入角度が小さくなるように調節される。換言すると、多段注入工程では、注入箇所が浅くなるに従って、ドリフト領域 11 に対する p 型不純物の注入角度が大きくなるように調節される。

[0368] これにより、深い領域における p 型不純物の拡張範囲（注入範囲）が適切に制限され、ボディ領域 13 の下端部側の領域がボディ領域 13 の上端部側の領域よりも外側に張り出すことが抑制される。つまり、厚さ方向に向けて先細り形状になるボディ領域 13 が適切に形成される。たとえば、ボディ領域 13 は、上端部または上端部側の領域においてボディ幅 WB の最大値を有

することができる。また、ボディ領域13は、下端部または下端部側の領域においてボディ幅WBの最小値を有することができる。

[0369] p型不純物の注入角度は、第1マスク111によるシャドウイングを考慮して 0° 以上 45° 以下に設定されることが好ましい。p型不純物は、ボディ領域13の中間部よりも下側の領域を形成すべき第1目的深さ位置に第1注入角度で一段注入または多段注入されてもよい。p型不純物が第1目的深さ位置に多段注入される場合、第1注入角度は注入箇所が深くなるに従って小さくなるように調節される。

[0370] 第1注入角度は、 0° 以上 20° 以下であってもよい。第1注入角度は、 0° 以上 2.5° 以下、 2.5° 以上 5° 以下、 5° 以上 7.5° 以下、 7.5° 以上 10° 以下、 10° 以上 12.5° 以下、 12.5° 以上 15° 以下、 15° 以上 17.5° 以下、および、 17.5° 以上 20° 以下のうちの少なくとも1つの範囲に属する値に設定されてもよい。第1注入角度は、 0° よりも大きく 10° 未満であることが好ましい。

[0371] 第1目的深さ位置で多段注入される場合、最深部に対する第1注入角度は、 0° 以上 5° 以下であってもよい。最深部以外の領域に対する第1注入角度は、 0° よりも大きく 10° 以下であってもよい。第1注入角度によれば、ボディ領域13のメイン傾斜部15が適切に形成される。

[0372] p型不純物は、ボディ領域13の中間部よりも上側の領域を形成すべき第2目的深さ位置に第1注入角度以下の第2注入角度で一段注入または多段注入されてもよい。第2注入角度は、第1注入角度未満であることが好ましい。p型不純物が第2目的深さ位置に多段注入される場合、第2注入角度は注入箇所が深くなるに従って小さくなるように調節される。

[0373] 第2注入角度は、 10° 以上 45° 以下であってもよい。第2注入角度は、 10° 以上 15° 以下、 15° 以上 20° 以下、 20° 以上 25° 以下、 25° 以上 30° 以下、 30° 以上 35° 以下、 35° 以上 40° 以下、 40° 以上 45° 以下、および、 45° 以上 50° 以下のうちの少なくとも1つの範囲に属する値に設定されてもよい。第2注入角度は、 5° 以上 30°

以下であることが好ましい。第2注入角度は、 10° 以上 25° 以下であることが特に好ましい。第2注入角度によれば、ボディ領域13のサブ傾斜部14が適切に形成される。

[0374] 一段注入工程のみによってボディ領域13を形成する場合、p型不純物の注入角度は、 5° 以上 30° 以下であってもよい。この場合、注入角度は、 10° 以上 25° 以下であることが好ましい。前述の第1～第6形態例に係るボディ領域13（図10A～図10F参照）や前述のボディ領域13の濃度プロファイル（図11Aおよび図11B参照）は、前述のプロセス条件を適宜調節することによって得られる。

[0375] 具体的な図示は省略されるが、ボディ領域13の形成工程は、アウターボディ領域35の形成工程を含んでいてもよい。この場合、第1マスク111の開口112は、ボディ領域13を形成すべき領域に加えてアウターボディ領域35を形成すべき領域を露出させていてもよい。

[0376] この場合、p型不純物の工程（斜めイオン注入工程）は、開口112を介してアウターボディ領域35を形成すべき領域にp型不純物を注入する工程を含む。この工程によれば、ボディ領域13の濃度勾配と同様の濃度勾配を有するアウターボディ領域35が形成される。

[0377] 次に、図13Dを参照して、所定のレイアウトを有する第2マスク113の形成工程が実施される。第2マスク113は、この形態では、第1マスク111と併用され、第1マスク111の開口112内において第1ウエハ主面101の上に配置される。第2マスク113は、開口112内において第1マスク111と共に複数の内側開口114を区画している。複数の内側開口114は、複数のソース領域16、17を形成すべき領域を露出させている。

[0378] 第2マスク113は、無機系マスク（所謂ハードマスク）および有機系マスク（所謂ソフトマスク）のいずれか一方または双方を含んでいてもよい。第2マスク113は、無機系マスクまたは有機系マスクからなる単層構造を有していてもよい。第2マスク113は、第2ウエハ主面102側この順に

積層された無機系マスクおよび有機系マスクを含む積層構造を有していてもよい。

[0379] 第2マスク113は、無機系マスクとして酸化シリコン膜、窒化シリコン膜およびポリシリコン膜のうちの少なくとも1つを含んでいてもよい。第2マスク113は、有機系マスクとしてポジティブタイプまたはネガティブタイプの感光性樹脂膜（つまりレジスト膜）を含んでいてもよい。

[0380] 第2マスク113は、第1マスク111のマスク材料とは異なるマスク材料を含むことが好ましい。第2マスク113は、第1マスク111の厚さよりも大きい厚さを有していてもよい。むしろ、第2マスク113は、第1マスク111の厚さよりも小さい厚さを有していてもよい。

[0381] 次に、複数のソース領域16、17の形成工程が実施される。この工程では、n型不純物（5価元素）が、複数の内側開口114（第1マスク111および第2マスク113）を介するイオン注入法によってボディ領域13の表層部に注入される。n型不純物（5価元素）は、燐であることが好ましい。n型不純物は、垂直イオン注入法によって第1ウエハ主面101に対してほぼ垂直に導入される。これにより、複数のソース領域16、17が形成される。

[0382] ソース領域16、17の形成工程後、第1マスク111および第2マスク113は除去される。むしろ、第1マスク111は、ボディ領域13の形成工程の後、ソース領域16、17の形成工程の前に除去されてもよい。この場合、ソース領域16、17を形成すべき領域を露出させる複数の内側開口114を有する第2マスク113が形成される。

[0383] 次に、図13Eを参照して、所定のレイアウトを有する第3マスク115の形成工程が実施される。第3マスク115は、第1ウエハ主面101の上に配置される。第3マスク115は、複数のコンタクト領域18を形成すべき領域を露出させる複数の開口116を有している。第3マスク115は、無機系マスク（所謂ハードマスク）および有機系マスク（所謂ソフトマスク）のいずれか一方または双方を含んでいてもよい。第3マスク115は、第

2マスク113と同様のマスク材料によって形成されてもよい。

[0384] 次に、コンタクト領域18の形成工程が実施される。この工程では、p型不純物（3価元素）が、複数の開口116（第3マスク115）を介するイオン注入法によってボディ領域13の表層部に注入される。p型不純物（3価元素）は、アルミニウムであることが好ましい。p型不純物は、垂直イオン注入法によって第1ウエハ主面101に対してほぼ垂直に導入される。これにより、コンタクト領域18が形成される。コンタクト領域18の形成工程後、第3マスク115は除去される。以上を含む固定を経て、ボディ構造12が形成される。

[0385] 次に、図13Fを参照して、絶縁膜31の形成工程が実施される。絶縁膜31は、第1ウエハ主面101の上に膜状に形成される。絶縁膜31は、CVD（Chemical Vapor Deposition）法または酸化処理法（たとえば熱酸化処理法）によって形成されてもよい。

[0386] 次に、図13Gを参照して、ゲート電極32のベースとなるベース電極117の形成工程が実施される。ベース電極117は、絶縁膜31の上に膜状に形成される。ベース電極117は、CVD法によって形成されてもよい。

[0387] 次に、図13Hを参照して、所定のレイアウトを有する第4マスク118の形成工程が実施される。第4マスク118は、ベース電極117の上に配置され、ゲート電極32を形成すべき領域以外の領域を露出させる開口119を有している。第4マスク118は、無機系マスク（所謂ハードマスク）および有機系マスク（所謂ソフトマスク）のいずれか一方または双方を含んでいてもよい。第4マスク118は、第2マスク113等と同様のマスク材料によって形成されてもよい。

[0388] 次に、開口119（第4マスク118）を介するエッチング法によってベース電極117の不要な部分が除去される。ベース電極117の不要な部分は、絶縁膜31が露出するまで除去される。エッチング法は、ウェットエッチング法およびドライエッチング法のうちのいずれか一方または双方であってもよい。

[0389] これにより、ゲート電極 32 が絶縁膜 31 の上に形成される。その後、残りの構成の形成工程が順次実施され、切断予定ライン 106 に沿ってウエハ 100 が切断される。これによれ、1 枚のウエハ 100 から複数の半導体装置 1A が切り出される。以上を含む工程を経て半導体装置 1A が製造される。

[0390] 図 14 は、参考例に係るボディ構造 120（以下、単に「ボディ構造 120」と称される。）を示す拡大断面図である。ボディ構造 120 は、ボディ領域 13 に代えて参考例に係るボディ領域 121（以下、単に「ボディ領域 121」と称される。）を含む。ボディ領域 121 は、図 13C に係る p 型不純物の注入工程において、第 1 マスク 111 を介する垂直イオン注入法によってドリフト領域 11 の表層部の異なる深さ位置に p 型不純物を一段注入または多段注入（この形態では多段注入）することによって形成されている。

[0391] ボディ領域 121 は、ボディ幅 WB が厚さ方向に減少しないようにドリフト領域 11 の表層部に形成され、斜め方向に傾斜した周縁部（つまりボディ勾配 GB）を有さない。ボディ領域 121 の周縁部は、第 1 主面 3 に対して垂直な方向（つまり鉛直方向 Z）に沿って延び、サブ傾斜部 14 およびメイン傾斜部 15 の双方を有さない。

[0392] たとえば、周縁部の上端部を鉛直方向 Z に通過する鉛直線 Lz（二点鎖線部参照）を設定した場合、ボディ領域 121 は、ボディ厚さ TB の $1/2$ （＝50%）以上の厚さ範囲において当該鉛直線 Lz 上に位置された部分を有している。ボディ領域 121 は、この例では、下端部近傍の領域以外の領域が鉛直線 Lz 上に位置されている。たとえば、ボディ領域 121 では、ボディ厚さ TB の $4/5$ （＝80%）以上の領域が鉛直線 Lz 上に位置されている。

[0393] ボディ領域 121 は、この例では、第 2～第 4 形態例に係るボディ領域 13 の膨出部 19（図 10B～図 10C 参照）と同様、水平方向に張り出した複数の膨出部 122 を有している。ボディ領域 121 の下端部側の領域では

、上端部側の領域と比較して大きい注入エネルギーかつ比較的高い濃度で p 型不純物が注入される。この一方で、垂直イオン注入法の場合、p 型不純物の注入範囲が制御されない。そのため、p 型不純物の注入範囲は、プロセス条件に起因して注入箇所が深くなるに従って水平方向に拡張される。

[0394] したがって、複数の膨出部 122 は、ボディ領域 13 の膨出部 19 の場合と異なり、上端部側から下端部側に向けて順に外方に張り出すように多段階的に形成され、凹凸を繰り返す起伏を形成している。つまり、ボディ領域 121 は、この例では、厚さ方向に向けてボディ幅 WB が増加するように先太り形状に形成されている。垂直イオン注入法において p 型不純物が一段注入される場合であっても、最下の膨出部 122 と同様の理由により、p 型不純物の注入範囲はボディ領域 121 の下端部側の領域において水平方向に拡張される。

[0395] 図 15A は、参考例に係るボディ構造 120 の第 1 領域内の濃度勾配を示すグラフである。図 15A に係るグラフは、図 11A に係るグラフに対応している。ボディ構造 120 の第 1 領域は、第 2 方向 Y に関して、ボディ領域 121 内にソース領域 16、17 およびコンタクト領域 18 の双方が形成されていない領域である。たとえば、ボディ構造 120 の第 2 領域は、ボディ領域 121 の第 2 方向 Y の両端部である。図 15A において、縦軸は不純物濃度を示し、横軸はボディ幅 WB を示している。

[0396] 図 15A には、第 1 参考濃度分布 RA1（細線）、第 2 参考濃度分布 RA2（細破線）、第 3 参考濃度分布 RA3（太線）および第 4 参考濃度分布 RA4（太破線）が示されている。第 1～第 4 参考濃度分布 RA1～RA4 は、前述の第 1～第 4 濃度分布 A1～A4（図 11A 参照）とそれぞれ対比される。

[0397] 第 1～第 4 参考濃度分布 RA1～RA4 を参照して、ボディ領域 121 は、厚さ方向および水平方向の双方に関して、ほぼ一定の p 型不純物濃度を有し、濃度勾配を有さない。つまり、ボディ領域 121 は、第 1 濃度勾配部 22 および第 2 濃度勾配部 23 を有さない。また、ボディ領域 121 は、第 1

高濃度領域 2 4、低濃度領域 2 5 および第 2 高濃度領域 2 6 を有さない。

[0398] また、第 1 ～第 4 参考濃度分布 R A 1 ～R A 4 から理解されるように、ボディ領域 1 2 1 の周縁部は、同一ライン上に位置されている。つまり、ボディ領域 1 2 1 の周縁部は、厚さ方向に関して第 1 主面 3 に対して垂直に延びる鉛直線 L z 上に位置されており、ボディ勾配 G B を有さない。

[0399] 図 1 5 B は、参考例に係るボディ構造 1 2 0 の第 2 領域内の濃度勾配を示すグラフである。図 1 5 B に係るグラフは、図 1 1 B に係るグラフに対応している。ボディ構造 1 2 0 の第 2 領域は、第 2 方向 Y に関して、ボディ領域 1 2 1 内にソース領域 1 6、1 7 およびコンタクト領域 1 8 の双方が形成された領域である。たとえば、ボディ構造 1 2 0 の第 2 領域は、ボディ領域 1 2 1 の第 2 方向 Y の中間部である。図 1 5 B において、縦軸は不純物濃度を示し、横軸はボディ幅 W B を示している。

[0400] 図 1 5 B には、第 1 参考濃度分布 R B 1（細線）、第 2 参考濃度分布 R B 2（細破線）、第 3 参考濃度分布 R B 3（太線）および第 4 参考濃度分布 R B 4（太破線）が示されている。第 1 参考濃度分布 R B 1 は、ソース領域 1 6、1 7 の n 型不純物濃度およびコンタクト領域 1 8 の p 型不純物濃度が第 1 参考濃度分布 R A 1 に加算された濃度分布を有している。

[0401] 第 2 参考濃度分布 R B 2 は、ソース領域 1 6、1 7 の底部側の n 型不純物濃度およびコンタクト領域 1 8 の底部側の p 型不純物濃度が第 2 参考濃度分布 R A 2 に加算された濃度分布を有している。第 3 ～第 4 参考濃度分布 R B 3 ～R B 4 は、第 3 ～第 4 参考濃度分布 R A 3 ～R A 4 にそれぞれ対応している。第 1 ～第 4 参考濃度分布 R B 1 ～R B 4 は、前述の第 1 ～第 4 濃度分布 B 1 ～B 4（図 1 1 B 参照）とそれぞれ対比される。

[0402] 第 1 ～第 4 参考濃度分布 R B 1 ～R B 4 を参照して、ボディ領域 1 2 1 は、第 2 領域においても、厚さ方向および水平方向の双方に関して、ほぼ一定の p 型不純物濃度を有し、濃度勾配を有さない。つまり、ボディ領域 1 2 1 は、第 2 領域において第 1 濃度勾配部 2 2 および第 2 濃度勾配部 2 3 を有さない。また、ボディ領域 1 2 1 は、第 2 領域において第 1 高濃度領域 2 4、

低濃度領域 2 5 および第 2 高濃度領域 2 6 を有さない。

[0403] また、第 1 ～第 4 参考濃度分布 R B 1 ～R B 4 から理解されるように、ボディ領域 1 2 1 の周縁部は、第 2 領域においても同一ライン上に位置されている。つまり、ボディ領域 1 2 1 の周縁部は、第 2 領域において厚さ方向に関して第 1 主面 3 に対して垂直に延びる鉛直線 L z 上に位置されており、ボディ勾配 G B を有さない。

[0404] ボディ領域 1 2 1 が形成された場合、表層ドリフト領域 2 7 はボディ領域 1 2 1 の周縁部に倣ってドリフト幅 W D が厚さ方向に向けて減少するように形成される（図 1 4 参照）。そのため、表層ドリフト領域 2 7 は、複数のボディ領域 1 2 1 の間の領域において厚さ方向に狭まる電流経路を形成し、電流狭窄効果を呈する。その結果、J F E T 抵抗成分が増加する。また、複数のボディ領域 1 2 1 の間の領域における電流密度が増加し、複数のボディ領域 1 2 1 の周縁部に電界が集中する。

[0405] これに対して、半導体装置 1 A は、チップ 2、n 型のドリフト領域 1 1 および p 型のボディ領域 1 3 を含む。チップ 2 は、第 1 主面 3 を有している。ドリフト領域 1 1 は、第 1 主面 3 の表層部に形成されている。ボディ領域 1 3 は、水平方向の幅（W B）が厚さ方向に向けて減少するようにドリフト領域 1 1 の表層部に先細り形状に形成され、第 1 主面 3 に対して斜め方向に傾斜した周縁部を有している。

[0406] この構成によれば、ボディ領域 1 3 に関して新規な構成を有する半導体装置 1 A が提供される。この半導体装置 1 A では、ドリフト領域 1 1 の表層部においてボディ領域 1 3 近傍の電流経路がボディ領域 1 3 の周縁部によって水平方向に拡張される。

[0407] これにより、ボディ領域 1 3 の周縁部近傍における抵抗値の上昇が抑制される。また、ボディ領域 1 3 の周縁部近傍における電流密度が低下され、ボディ領域 1 3 の周縁部に対する電界集中が緩和される。よって、電気的特性が向上される。チップ 2 は、S i C 単結晶を含むことが好ましい。この構成によれば、ボディ領域 1 3 に関して新規な構成を有する S i C 半導体装置が

提供される。

- [0408] ボディ領域 13 は、第 1 主面 3 側の上端部を起点に幅が厚さ方向に向けて減少するように形成されていることが好ましい。つまり、ボディ領域 13 は、上端部を起点に斜め方向に傾斜した周縁部を有していることが好ましい。この構成によれば、ボディ領域 13 近傍の電流経路が、ボディ領域 13 の上端部を起点に水平方向に拡張される。これにより、ボディ領域 13 の周縁部近傍における抵抗値の上昇が適切に抑制され、ボディ領域 13 の周縁部に対する電界集中が適切に緩和される。
- [0409] ボディ領域 13 は、 $0.5\ \mu\text{m}$ 以上の厚さを有し、周縁部の上端部を基準位置としたとき、 $0.5\ \mu\text{m}$ の厚さ位置における周縁部の水平方向の変化量が $0.05\ \mu\text{m}$ 以上である勾配 (GB) を有していることが好ましい。
- [0410] ボディ領域 13 は、厚さ方向に向けて漸減する濃度勾配を有していてもよい。ボディ領域 13 は、水平方向に関して、内方側の第 1 高濃度領域 24 および周縁側の低濃度領域 25 を有し、第 1 高濃度領域 24 から低濃度領域 25 に向けて漸減する濃度勾配を有していてもよい。第 1 高濃度領域 24 は、ボディ領域 13 の中間部よりも下方の領域に形成された部分を有していてもよい。低濃度領域 25 は、ボディ領域 13 の中間部よりも下方の領域に形成された部分を有していてもよい。
- [0411] 第 1 高濃度領域 24 は、厚さ方向に漸減する濃度勾配を有していてもよい。低濃度領域 25 は、厚さ方向に漸減する濃度勾配を有していてもよい。第 1 高濃度領域 24 および低濃度領域 25 の間の濃度差は、ボディ領域 13 の底部に向けて漸減していてもよい。ボディ領域 13 の周縁部は、水平方向に張り出した複数の膨出部 19 を厚さ方向に多段階的に有していてもよい。
- [0412] 半導体装置 1A は、ドリフト領域 11 の表層部に間隔を空けて形成された複数のボディ領域 13 を含んでいてもよい。この場合、半導体装置 1A は、ドリフト領域 11 の表層部において複数のボディ領域 13 の間の領域に区画された n 型の表層ドリフト領域 27 を含んでいてもよい。表層ドリフト領域 27 は、水平方向の幅 (WD) が厚さ方向に向けて漸増するように区画され

、複数のボディ領域 13 と J F E T 構造を形成する。

[0413] この構成によれば、表層ドリフト領域 27 は、複数のボディ領域 13 の間の領域において厚さ方向に広がる電流経路を形成し、電流狭窄を低減する。これにより、J F E T 構造の J F E T 抵抗成分が低減される。また、表層ドリフト領域 27 は、複数のボディ領域 13 の間の領域における電流密度を低下し、複数のボディ領域 13 の周縁部に対する電界集中を緩和する。

[0414] 半導体装置 1 A は、n 型のソース領域 16、17 を含んでもよい。ソース領域 16、17 は、ドリフト領域 11 の n 型不純物濃度よりも高い n 型不純物濃度を有し、ボディ領域 13 の表層部に形成されていてもよい。半導体装置 1 A は、p 型のコンタクト領域 18 を含んでもよい。コンタクト領域 18 は、ボディ領域 13 の p 型不純物濃度よりも高い p 型不純物濃度を有し、ボディ領域 13 の表層部に形成されていてもよい。

[0415] 別視点において、半導体装置 1 A は、チップ 2、n 型のドリフト領域 11、p 型のボディ領域 13 および p 型のコンタクト領域 18 を含んでもよい。チップ 2 は、第 1 主面 3 を有している。ドリフト領域 11 は、第 1 主面 3 の表層部に形成されている。ボディ領域 13 は、ドリフト領域 11 の表層部に形成されている。コンタクト領域 18 は、ボディ領域 13 の p 型不純物濃度よりも高い p 型不純物濃度を有し、ボディ領域 13 の表層部に形成されている。

[0416] このような構成において、ボディ領域 13 は、コンタクト領域 18 よりも下方の厚さ範囲において第 1 高濃度領域 24 を含む。ボディ領域 13 は、コンタクト領域 18 よりも下方の厚さ範囲において第 1 高濃度領域 24 に対して周縁側の領域に形成された低濃度領域 25 を含む。この構成によれば、コンタクト領域 18 のオーミック性が第 1 高濃度領域 24 によって高められる。

[0417] 第 1 高濃度領域 24 は、コンタクト領域 18 の p 型不純物濃度よりも低い p 型不純物濃度を有していることが好ましい。低濃度領域 25 は、第 1 高濃度領域 24 の p 型不純物濃度よりも低い p 型不純物濃度を有していることが

好ましい。この構成によれば、ボディ領域 13 の機能が適切に確保される。

[0418] 半導体装置 1 A は、ボディ領域 13 の表層部に形成された n 型のソース領域 16、17 を含んでいてもよい。この場合、低濃度領域 25 は、ソース領域 16、17 よりも下方の厚さ範囲に形成されていることが好ましい。この構成によれば、ソース領域 16、17 の n 型不純物濃度が第 1 高濃度領域 24 の p 型不純物濃度によって相殺されることが抑制される。したがって、ソース領域 16、17 の機能が適切に確保される。

[0419] ボディ領域 13 は、第 1 主面 3 に対して斜め方向に傾斜した周縁部を有していてもよい。この構成によれば、ドリフト領域 11 の表層部においてボディ領域 13 近傍の電流経路がボディ領域 13 の周縁部によって水平方向に拡張される。これにより、ボディ領域 13 近傍における抵抗値の上昇が抑制される。

[0420] 図 16 は、第 2 形態に係る半導体装置 1 B を示す断面図である。半導体装置 1 B は、ドリフト領域 11 内において複数のボディ領域 13 の下方の厚さ範囲に形成された p 型の複数のコラム領域 130 を含む。

[0421] 複数のコラム領域 130 は、コンタクト領域 18 の p 型不純物濃度よりも低い p 型不純物濃度を有している。複数のコラム領域 130 の p 型不純物濃度は、ボディ領域 13 の p 型不純物濃度よりも低くてもよい。複数のコラム領域 130 の p 型不純物濃度は、 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下であってもよい。

[0422] 複数のコラム領域 130 は、第 1 方向 X に間隔を空けて配列され、第 2 方向 Y に延びる帯状にそれぞれ形成されている。つまり、複数のコラム領域 130 は、複数のボディ領域 13 に沿って第 2 方向 Y に延びるストライプ状に形成されている。また、複数のボディ構造 12 の延在方向は、SiC 単結晶のオフ方向に一致している。

[0423] 複数のコラム領域 130 は、断面視において厚さ方向に延びる柱状に形成され、複数のボディ領域 13 に 1 対 1 の対応関係で重なっている。複数のコラム領域 130 は、p 型の単一の不純物領域からなる単層構造を有していて

もよいし、p型の複数の不純物領域が厚さ方向に積層された積層構造を有していてもよい。以下、1つのコラム領域130の構成が具体的に説明される。

- [0424] コラム領域130は、ボディ領域13のボディ幅WB未満のコラム幅WCを有し、ボディ領域13の周縁部（メイン傾斜部15）から内方に間隔を空けて形成されている（図7、図10A等も併せて参照）。これにより、ボディ領域13の周縁部に対するコラム領域130の電氣的干渉が抑制されている。たとえば、コラム幅WCは、コンタクト領域18の幅よりも大きい。コラム幅WCはボディ幅WBに応じて適宜調節される。
- [0425] コラム領域130は、ボディ領域13のボディ厚さTBよりも大きいコラム厚さTCを有している（図7、図10A等も併せて参照）。たとえば、コラム厚さTCは、ドリフト領域11の厚さ未満である。コラム厚さTCは、ドリフト領域11の厚さに応じて適宜調節される。
- [0426] コラム領域130は、ドリフト領域11の中間部を厚さ方向に横切っている。コラム領域130は、下端部および上端部を有している。コラム領域130の下端部は、ドリフト領域11の中間部に対してドリフト領域11の底部側に位置されている。コラム領域130の下端部は、ドリフト領域11の底部からボディ領域13側に間隔を空けて形成されていてもよい。コラム領域130の下端部は、ドリフト領域11の底部を横切ってドレイン領域10の表層部に位置されていてもよい。
- [0427] コラム領域130の上端部は、ドリフト領域11の中間部に対してボディ領域13の底部（下端部）側に位置されている。コラム領域130の上端部は、ボディ領域13の底部に接続されていることが好ましい。つまり、コラム領域130は、ボディ領域13に電氣的に接続されていることが好ましい。むろん、コラム領域130の上端部は、ボディ領域13の底部からドリフト領域11の底部側に間隔を空けて形成され、ドリフト領域11の一部を挟んでボディ領域13に対向していてもよい。
- [0428] 半導体装置1Bは、ドリフト領域11内に形成されたn型の複数の中間ド

リフト領域 1 3 1 を含む。複数の中間ドリフト領域 1 3 1 は、ドリフト領域 1 1 のうちの複数のコラム領域 1 3 0 によって区画された領域からそれぞれなる。

[0429] 中間ドリフト領域 1 3 1 は、ドリフト領域 1 1 の n 型不純物濃度よりも高い n 型不純物濃度を有していてもよいし、ドリフト領域 1 1 の n 型不純物濃度よりも低い n 型不純物濃度を有していてもよい。中間ドリフト領域 1 3 1 は、表層ドリフト領域 2 7 の n 型不純物濃度よりも高い n 型不純物濃度を有していてもよいし、表層ドリフト領域 2 7 の n 型不純物濃度よりも低い n 型不純物濃度を有していてもよい。

[0430] 複数の中間ドリフト領域 1 3 1 は、第 1 方向 X に複数のコラム領域 1 3 0 と交互に配列され、第 2 方向 Y に延びる帯状にそれぞれ形成されている。つまり、複数の中間ドリフト領域 1 3 1 は、複数のコラム領域 1 3 0 に沿って第 2 方向 Y に延びるストライプ状に形成されている。また、複数の中間ドリフト領域 1 3 1 の延在方向は、 SiC 単結晶のオフ方向に一致している。

[0431] 複数の中間ドリフト領域 1 3 1 は、断面視において厚さ方向に延びる柱状に形成され、複数の表層ドリフト領域 2 7 に 1 対 1 の対応関係で接続されている。複数の中間ドリフト領域 1 3 1 は、複数の表層ドリフト領域 2 7 のドリフト幅 WD よりも大きい中間ドリフト幅 WDM をそれぞれ有し、第 1 方向 X に隣り合う 2 つのボディ領域 1 3 に接続された両端部を有している。

[0432] 複数の中間ドリフト領域 1 3 1 は、ボディ領域 1 3 の下方の厚さ範囲において複数のコラム領域 1 3 0 と共にチャージバランスを有する複数の $p-n$ 接合部を形成している。チャージバランスを有する状態は、互いに隣り合う複数のコラム領域 1 3 0 に関して、一方の $p-n$ 接合部から拡がる空乏層、および、他方の $p-n$ 接合部から拡がる空乏層が、複数の中間ドリフト領域 1 3 1 内で接続される状態を意味する。これにより、複数の中間ドリフト領域 1 3 1 は、ボディ領域 1 3 の下方の領域において複数のコラム領域 1 3 0 とスーパー Junction 構造を構成している。

[0433] 複数のコラム領域 1 3 0 の形成工程は、マスクの形成工程および p 型不純

物の注入工程を含む。マスクの形成工程では、複数のコラム領域 130 を形成すべき領域を露出させる開口を有するマスクが第 1 ウエハ主面 101 の上に形成される。p 型不純物の注入工程では、マスクを介するイオン注入法によってドリフト領域 11 に p 型不純物が注入される。

[0434] イオン注入法は、チャネリングイオン注入法であることが好ましい。チャネリングイオン注入工程では、チップ 2（第 2 半導体層 7）の結晶軸のうち原子列が疎であるチャネル軸（たとえば c 軸）に沿って p 型不純物が注入される。p 型不純物は、チャネリング効果に起因する小角散乱を繰り返しながらドリフト領域 11 の深い領域まで注入される。つまり、チャネリング注入法の場合、SiC 単結晶の原子列に対する 3 価元素の衝突確率が低減される。これにより、複数のコラム領域 130 が形成される。

[0435] コラム領域 130 の形成工程は、ボディ領域 13 の形成工程の後に実施されてもよい。この場合、コラム領域 130 は、厚さ方向にボディ領域 13 に接続されるようにドリフト領域 11 の内部に形成される。コラム領域 130 の形成工程は、ボディ領域 13 の形成工程の前に実施されることが好ましい。この場合、ボディ領域 13 の形成工程において、厚さ方向にコラム領域 130 に接続されるようにボディ領域 13 がドリフト領域 11 の表層部に形成される。

[0436] この工程順によれば、コラム領域 130 の形成工程の後にボディ領域 13 の形成工程が実施されるため、コラム領域 130 の p 型不純物の注入工程に起因するボディ領域 13 の変形（特にボディ領域 13 の周縁部の変形）が抑制される。また、この工程順によれば、コラム領域 130 の p 型不純物の注入工程に起因するボディ領域 13 の濃度変化が抑制される。

[0437] 以上、半導体装置 1B は、半導体装置 1A の構成に加えて p 型のコラム領域 130 を含む。コラム領域 130 は、ドリフト領域 11 内においてボディ領域 13 の下方の厚さ範囲に形成されている。この構成によれば、ボディ領域 13 近傍における抵抗値の上昇が抑制されたスーパージャンクション型の半導体装置 1B が提供される。チップ 2 が SiC 単結晶を含む場合、ボディ

領域 1 3 に関して新規な構成を有するスーパージャンクション型の S i C 半導体装置が提供される。

[0438] この形態では、複数のコラム領域 1 3 0（複数の中間ドリフト領域 1 3 1）が複数のボディ領域 1 3 に沿って第 2 方向 Y に延びるストライプ状に形成された例が示された。しかし、複数のコラム領域 1 3 0 は、第 1 方向 X に延びる帯状にそれぞれ形成され、第 2 方向 Y に間隔を空けて配列されていてもよい。つまり、複数のコラム領域 1 3 0 の延在方向は、S i C 単結晶のオフ方向に交差（具体的には直交）していてもよい。この場合、複数のコラム領域 1 3 0 は、複数のボディ領域 1 3 に交差（具体的には直交）する。

[0439] むろん、複数のコラム領域 1 3 0（複数の中間ドリフト領域 1 3 1）は、第 1 方向 X および第 2 方向 Y の双方に交差する交差方向に間隔を空けて配列され、当該交差方向に直交する直交方向に延びる帯状にそれぞれ形成されていてもよい。つまり、複数のコラム領域 1 3 0 の延在方向は、S i C 単結晶のオフ方向に交差していてもよい。この場合、複数のコラム領域 1 3 0 は、複数のボディ領域 1 3 に交差する。

[0440] この形態では、複数のボディ領域 1 3（ボディ構造 1 2）が第 2 方向 Y に延びるストライプ状に形成された例が示された。しかし、複数のボディ領域 1 3 は、第 1 方向 X に延びる帯状にそれぞれ形成され、第 2 方向 Y に間隔を空けて配列されていてもよい。つまり、複数のボディ領域 1 3 は、第 1 方向 X に延びるストライプ状に形成されていてもよい。また、複数のボディ領域 1 3 の延在方向は、S i C 単結晶のオフ方向に交差（具体的には直交）していてもよい。

[0441] この場合、複数のコラム領域 1 3 0（複数の中間ドリフト領域 1 3 1）は、第 1 方向 X に延びる帯状にそれぞれ形成され、第 2 方向 Y に間隔を空けて配列されていてもよい。つまり、複数のコラム領域 1 3 0（複数の中間ドリフト領域 1 3 1）は、複数のボディ領域 1 3 に沿って第 1 方向 X に延びるストライプ状に形成されていてもよい。

[0442] むろん、複数のコラム領域 1 3 0 は、第 1 方向 X に間隔を空けて配列され

、第2方向Yに延びる帯状にそれぞれ形成されていてもよい。つまり、複数のコラム領域130は、第2方向Yに延びるストライプ状に形成されていてもよい。また、複数のコラム領域130の延在方向は、SiC単結晶のオフ方向に一致していてもよい。

[0443] この場合、複数のコラム領域130は、複数のボディ領域13に交差（具体的には直交）する。むろん、複数のコラム領域130（複数の中間ドリフト領域131）は、第1方向Xおよび第2方向Yの双方に交差する交差方向に間隔を空けて配列され、当該交差方向に直交する直交方向に延びる帯状にそれぞれ形成されていてもよい。

[0444] 以下、第1～第2形態に係る半導体装置1A、1Bに適用される変形例が示される。図17は、フィールド領域42の変形例を示す断面図である。図17では、変形例に係るフィールド領域42が半導体装置1Aに適用された構成が例示されている。むろん、変形例に係るフィールド領域42は半導体装置1Bに適用可能である。

[0445] 前述の各形態では、複数のフィールド領域42がドリフト領域11の表層部に形成された例が示された。しかし、図17に示されるように、単一のフィールド領域42がドリフト領域11の表層部に形成されていてもよい。

[0446] 単一のフィールド領域42は、第1主面3の周縁から内方に間隔を空けて第1主面3の周縁および複数のボディ領域13（活性領域8）の間の領域に形成されている。具体的には、単一のフィールド領域42は、第1主面3の周縁およびアウターボディ領域35の間の領域に形成されている。さらに具体的には、単一のフィールド領域42は、第1主面3の周縁および終端領域40の間の領域に形成されている。

[0447] 単一のフィールド領域42は、平面視において複数のボディ領域13（終端領域40）に沿って延びる帯状に形成されている。単一のフィールド領域42は、第1方向Xに帯状に延びる部分、および、第2方向Yに帯状に延びる部分をそれぞれ有している。単一のフィールド領域42は、この形態では、平面視において複数のボディ領域13（終端領域40）を取り囲む多角環

状（この形態では四角環状）に形成されている。単一のフィールド領域 4 2 は、第 1 方向 X に延びる部分および第 2 方向 Y に延びる部分を円弧状（好ましくは四分円弧状）に接続するエッジ部を有していてもよい（図 4 参照）。

[0448] 外周幅に対する単一のフィールド領域 4 2 の幅の比は、0.1 以上 1 未満であってもよい。外周幅は、外周領域 9 の幅である。外周領域 9 の幅は、第 1 主面 3 の周縁および活性領域 8（たとえばアウターボディ領域 3 5 の内縁部）の間の幅によって定義されてもよい。幅の比は、0.1 以上 0.2 以下、0.2 以上 0.4 以下、0.4 以上 0.6 以下、0.6 以上 0.8 以下、および、0.8 以上 1 未満のうちの少なくとも 1 つの範囲に属する値を有していてもよい。

[0449] 単一のフィールド領域 4 2 は、ドリフト領域 1 1 の底部から第 1 主面 3 側に間隔を空けて形成され、ドリフト領域 1 1 の一部を挟んでドレイン領域 1 0 に対向している。単一のフィールド領域 4 2 は、ドリフト領域 1 1 の中間部の深さ位置から第 1 主面 3 側に間隔を空けて形成されていることが好ましい。むろん、単一のフィールド領域 4 2 は、ドリフト領域 1 1 の中間部の深さ位置を厚さ方向に横切っていてもよい。

[0450] 単一のフィールド領域 4 2 は、終端領域 4 0 側の内縁部および第 1 主面 3 の周縁側の外縁部を有している。単一のフィールド領域 4 2 の内縁部は、この形態では、終端領域 4 0 の外縁部に接続されている。これにより、単一のフィールド領域 4 2 は、終端領域 4 0 に電氣的に接続されている。単一のフィールド領域 4 2 の内縁部は、この形態では、全周に亘って終端領域 4 0 の外縁部に接続されている。

[0451] 単一のフィールド領域 4 2 の p 型不純物濃度は、半導体装置 1 A の場合と同様である。単一のフィールド領域 4 2 が終端領域 4 0 の p 型不純物濃度とほぼ等しい p 型不純物濃度を有している場合、単一のフィールド領域 4 2 は終端領域 4 0 の引き出し部として終端領域 4 0 からドリフト領域 1 1 の表層部に引き出されていてもよい。

[0452] つまり、終端領域 4 0 は、引き出し部としての単一のフィールド領域 4 2

を有していてもよい。むろん、単一のフィールド領域 42 の p 型不純物濃度は、終端領域 40 の p 型不純物濃度と異なってもよい。また、単一のフィールド領域 42 は、終端領域 40 から間隔を空けて形成されていてもよい。

[0453] 図 18 は、ソースパッド電極 60 の第 1 変形例を示す断面図である。図 18 では、変形例に係るソースパッド電極 60 が半導体装置 1A に適用された構成が例示されている。むろん、変形例に係るフィールド領域 42 は半導体装置 1B に適用可能である。

[0454] 前述の各形態では、複数の第 1 埋設電極 62 が絶縁面 51 を露出させるように複数のソース開口 54 に埋設されていた。しかし、図 18 に示されるように、ソースパッド電極 60 は、複数のソース開口 54 から絶縁面 51 の上に引き出され、絶縁面 51 を被覆する複数の第 1 埋設電極 62 を有していてもよい。

[0455] 複数の第 1 埋設電極 62 は、絶縁面 51 の上で第 1 下地電極膜 61 を被覆し、第 1 下地電極膜 61 を挟んで絶縁面 51 を被覆する部分を有している。つまり、複数の第 1 埋設電極 62 は、絶縁面 51 よりも上方で複数のソース開口 54 から露出した第 1 埋設電極面 66 をそれぞれ有している。複数の第 1 埋設電極 62 は、積層方向（鉛直方向 Z）に関して第 1 下地電極膜 61 および層間膜 50 を挟んでゲート電極 32 に対向する部分を有している。

[0456] 複数の第 1 埋設電極 62 は、絶縁面 51 の上で一体化し、1つの中間電極 135 を形成している。中間電極 135（複数の第 1 埋設電極 62）は、第 1 下地電極膜 61 の全域を被覆している。中間電極 135 の電極面（第 1 埋設電極面 66）は、絶縁面 51 よりも上方に位置されている。

[0457] 第 1 主電極膜 63 は、この形態では、絶縁面 51 よりも上方で複数の第 1 埋設電極 62（中間電極 135）の第 1 埋設電極面 66 に機械的および電氣的に接続されている。第 1 主電極膜 63 は、複数の第 1 埋設電極 62（中間電極 135）を挟んで絶縁面 51 に対向する部分を有している。第 1 主電極膜 63 は、この形態では、第 1 下地電極膜 61 に対する機械的接続部を有さ

ない。

[0458] 変形例に係る複数の第1埋設電極62（中間電極135）の構成は、ソースフィンガー電極68の複数の第1埋設電極62にも適用可能である。同様に、変形例に係る複数の第1埋設電極62（中間電極135）の構成は、ゲートフィンガー電極70の複数の第2埋設電極72にも適用可能である。

[0459] 図19は、ソースパッド電極60の第2変形例を示す断面図である。図19では、変形例に係るソースパッド電極60が半導体装置1Aに適用された構成が例示されている。むろん、変形例に係るフィールド領域42は半導体装置1Bに適用可能である。

[0460] 前述の各形態では、ソースパッド電極60が複数の第1埋設電極62を有していた。しかし、ソースパッド電極60は、必ずしも第1埋設電極62を有している必要はない。この場合、ソースパッド電極60の第1主電極膜63は、層間膜50の上から複数のソース開口54に入り込み、複数のソース開口54内においてボディ領域13等に電氣的に接続される。

[0461] 同様に、ソースフィンガー電極68は、必ずしも第1埋設電極62を有している必要はない。この場合、ソースフィンガー電極68の第1主電極膜63は、層間膜50の上から複数のアウター開口56に入り込み、複数のアウター開口56内において終端領域40（オーバーラップ領域41）に電氣的に接続される。

[0462] 同様に、ゲートフィンガー電極70は、必ずしも第2埋設電極72を有している必要はない。この場合、ゲートフィンガー電極70の第2主電極膜73は、層間膜50の上から複数のゲート開口58に入り込み、複数のゲート開口58内においてゲート配線44に電氣的に接続される。

[0463] 半導体装置1A、1Bは、ソースパッド電極60に係る第1埋設電極62を有する一方で、ソースフィンガー電極68に係る第1埋設電極62を有していなくてもよい。半導体装置1A、1Bは、ソースフィンガー電極68に係る第1埋設電極62を有する一方で、ソースパッド電極60に係る第1埋設電極62を有していなくてもよい。

- [0464] 半導体装置 1 A、1 B は、ソースパッド電極 6 0 に係る第 1 埋設電極 6 2 を有する一方で、第 2 埋設電極 7 2 を有していなくてもよい。半導体装置 1 A、1 B は、第 2 埋設電極 7 2 を有する一方で、ソースパッド電極 6 0 に係る第 1 埋設電極 6 2 を有していなくてもよい。半導体装置 1 A、1 B は、ソースフィンガー電極 6 8 に係る第 1 埋設電極 6 2 を有する一方で、第 2 埋設電極 7 2 を有していなくてもよい。半導体装置 1 A、1 B は、第 2 埋設電極 7 2 を有する一方で、ソースフィンガー電極 6 8 に係る第 1 埋設電極 6 2 を有していなくてもよい。
- [0465] 前述の各形態（変形例を含む）はさらに他の形態で実施可能である。たとえば、前述の各形態において、a 軸方向および m 軸方向の関係が入れ換えられた構成が採用されてもよい。この場合の具体的な構成は、前述の説明および添付図面において「a 軸方向（オフ方向）」および「m 軸方向（オフ方向に直交する方向）」を入れ換えることによって得られる。
- [0466] 前述の各形態において、「n 型」の半導体領域の導電型が「p 型」に反転され、「p 型」の半導体領域の導電型が「n 型」に反転された構造が採用されてもよい。この場合の具体的な構成は、前述の説明および添付図面において、「n 型」を「p 型」に置き換えると同時に、「p 型」を「n 型」に置き換えることによって得られる。
- [0467] 前述の各形態では、S i C 単結晶を含むチップ 2 が採用された。しかし、チップ 2 は、S i C 単結晶以外のワイドバンドギャップ半導体の単結晶を含んでいてもよい。ワイドバンドギャップ半導体は、シリコンのバンドギャップよりも大きいバンドギャップを有する半導体である。ワイドバンドギャップ半導体の単結晶として、窒化ガリウム、酸化ガリウム、ダイヤモンド等が例示される。むろん、チップ 2 は、シリコン単結晶を含んでいてもよい。
- [0468] 同様に、第 1 半導体層 6 は、S i C 単結晶以外のワイドバンドギャップ半導体の単結晶を含んでいてもよい。第 1 半導体層 6 は、窒化ガリウム、酸化ガリウム、ダイヤモンド等を含んでいてもよい。むろん、第 1 半導体層 6 は、シリコン単結晶を含んでいてもよい。

[0469] 同様に、第2半導体層7は、SiC単結晶以外のワイドバンドギャップ半導体の単結晶を含んでいてもよい。第2半導体層7は、窒化ガリウム、酸化ガリウム、ダイヤモンド等を含んでいてもよい。むしろ、第2半導体層7は、シリコン単結晶を含んでいてもよい。

[0470] 前述の各形態では、n型のドレイン領域10が示された。しかし、n型のドレイン領域10に変えてp型のコレクタ領域(10)が採用されてもよい。この場合、MISFET構造に代えてIGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)構造が形成される。この場合、前述の説明において、MISFET構造の「ソース」がIGBT構造の「エミッタ」に置き換えられ、MISFET構造の「ドレイン」がIGBT構造の「コレクタ」に置き換えられる。p型のコレクタ領域(10)はイオン注入法によってn型のチップ2(n型のチップ2)の第2主面4の表層部に注入されたp型不純物を含む不純物領域であってもよい。

[0471] 以下、この明細書および図面から抽出される特徴例が示される。以下、括弧内の英数字等は前述の形態における対応構成要素等を表すが、各項目(Clause)の範囲を前述の形態に限定する趣旨ではない。以下の項目に係る「半導体装置」は、必要に応じて「SiC半導体装置」、「ワイドバンドギャップ半導体装置」、「半導体スイッチング装置」、「MISFET装置」、「IGBT装置」、「半導体整流装置」等に置き換えられてもよい。

[0472] [A1] 主面(3)を有するチップ(2)と、前記主面(3)の表層部に形成された第1導電型(n-type)のドリフト領域(11)と、水平方向の幅(WB)が厚さ方向に向けて減少するように前記ドリフト領域(11)の表層部に先細り形状に形成され、前記主面(3)に対して斜め方向に傾斜した周縁部を有する第2導電型(p-type)のボディ領域(13)と、を含む、半導体装置(1A、1B)。

[0473] [A2] 前記チップ(2)は、SiC単結晶を含む、A1に記載の半導体装置(1A、1B)。

[0474] [A3] 前記ボディ領域(13)は、前記主面(3)側の上端部を起点に

前記幅（WB）が前記厚さ方向に向けて減少するように形成され、前記上端部を起点に斜め方向に傾斜した前記周縁部を有している、A 1 または A 2 に記載の半導体装置（1 A、1 B）。

[0475] [A 4] 前記ボディ領域（1 3）は、 $0.5\ \mu\text{m}$ 以上の厚さ（TB）を有し、前記周縁部の前記上端部を基準位置としたとき、 $0.5\ \mu\text{m}$ の厚さ位置における前記周縁部の前記水平方向の変化量が $0.05\ \mu\text{m}$ 以上である勾配（GB）を有している、A 3 に記載の半導体装置（1 A、1 B）。

[0476] [A 5] 前記ボディ領域（1 3）は、前記厚さ方向に向けて漸減する濃度勾配を有している、A 1 ～A 4 のいずれか一つに記載の半導体装置（1 A、1 B）。

[0477] [A 6] 前記ボディ領域（1 3）は、前記水平方向に関して、内方側の高濃度領域（2 4）および周縁側の低濃度領域（2 5）を有し、前記高濃度領域（2 4）から前記低濃度領域（2 5）に向けて漸減する濃度勾配を有している、A 1 ～A 5 のいずれか一つに記載の半導体装置（1 A、1 B）。

[0478] [A 7] 前記高濃度領域（2 4）は、前記ボディ領域（1 3）の中間部よりも下方に形成された部分を有し、前記低濃度領域（2 5）は、前記ボディ領域（1 3）の前記中間部よりも下方に形成された部分を有している、A 6 に記載の半導体装置（1 A、1 B）。

[0479] [A 8] 前記高濃度領域（2 4）および前記低濃度領域（2 5）の間の濃度差は、前記ボディ領域（1 3）の底部に向けて漸減している、A 7 に記載の半導体装置（1 A、1 B）。

[0480] [A 9] 前記ボディ領域（1 3）の前記周縁部は、前記水平方向に張り出した複数の膨出部（1 9）を前記厚さ方向に沿って多段階的に有している、A 1 ～A 8 のいずれか一つに記載の半導体装置（1 A、1 B）。

[0481] [A 1 0] 前記ドリフト領域（1 1）の表層部に間隔を空けて形成された複数の前記ボディ領域（1 3）と、前記ドリフト領域（1 1）の表層部において前記水平方向の幅（WD）が前記厚さ方向に向けて増加するように複数の前記ボディ領域（1 3）の間の領域に区画され、複数の前記ボディ領域（

13)とJFET構造を形成する第1導電型(n-type)の表層ドリフト領域(27)と、をさらに含む、A1～A9のいずれか一つに記載の半導体装置(1A、1B)。

[0482] [A11] 前記ボディ領域(13)の表層部に形成され、前記ドリフト領域(11)の不純物濃度よりも高い不純物濃度を有する第1導電型(n-type)の不純物領域(16、17)と、前記ボディ領域(13)の表層部に形成され、前記ボディ領域(13)の不純物濃度よりも高い不純物濃度を有する第2導電型(p-type)のコンタクト領域(18)と、をさらに含む、A1～A10のいずれか一つに記載の半導体装置(1A、1B)。

[0483] [A12] 前記ドリフト領域(11)内において前記ボディ領域(13)の下方の厚さ範囲に形成された第2導電型(p-type)のコラム領域(130)を含む、A1～A11のいずれか一つに記載の半導体装置(1A、1B)。

[0484] [A13] 主面(3)を有するチップ(2)と、前記主面(3)の表層部に形成された第1導電型(n-type)のドリフト領域(11)と、前記ドリフト領域(11)の表層部に形成された第2導電型(p-type)のボディ領域(13)と、前記ボディ領域(13)の表層部に形成され、前記ボディ領域(13)の不純物濃度よりも高い不純物濃度を有する第2導電型(p-type)のコンタクト領域(18)と、を含み、前記ボディ領域(13)は、前記コンタクト領域(18)よりも下方の厚さ範囲に形成された高濃度領域(24)、および、前記厚さ範囲において前記高濃度領域(24)に対して周縁側の領域に形成された低濃度領域(25)を含む、半導体装置(1A、1B)。

[0485] [A14] 前記高濃度領域(24)は、前記コンタクト領域(18)の不純物濃度よりも低い不純物濃度を有し、前記低濃度領域(25)は、前記高濃度領域(24)の不純物濃度よりも低い不純物濃度を有している、A13に記載の半導体装置(1A、1B)。

[0486] [A15] 前記ボディ領域(13)は、前記主面(3)に対して斜め方向に傾斜した周縁部を有している、A13またはA14に記載の半導体装置(

1 A、1 B)。

[0487] [A 1 6] 主面 (1 0 1) の表層部に第 1 導電型 (n-type) のドリフト領域 (1 1) を有するウエハ (1 0 0) を用意する工程と、水平方向の注入範囲が厚さ方向に減少するように前記ドリフト領域 (1 1) の表層部に第 2 導電型 (p-type) の不純物を注入し、前記主面 (1 0 1) に対して斜め方向に傾斜した周縁部を有する第 2 導電型 (p-type) のボディ領域 (1 3) を形成する工程と、を含む、半導体装置 (1 A、1 B) の製造方法。

[0488] [A 1 7] 前記ボディ領域 (1 3) の形成工程は、斜めイオン注入法によって前記ドリフト領域 (1 1) の表層部に前記不純物を注入する工程を含む、A 1 6 に記載の半導体装置 (1 A、1 B) の製造方法。

[0489] [A 1 8] 前記ボディ領域 (1 3) の形成工程は、前記ドリフト領域 (1 1) の表層部の異なる深さ位置に前記不純物を異なる注入角度で多段注入する工程を含む、A 1 7 に記載の半導体装置 (1 A、1 B) の製造方法。

[0490] [A 1 9] 開口 (1 1 2) を有するマスク (1 1 1) を前記主面 (1 0 1) の上に形成する工程をさらに含み、前記ボディ領域 (1 3) の形成工程は、前記マスク (1 1 1) の前記開口 (1 1 2) を介して前記ドリフト領域 (1 1) の表層部に前記不純物を注入する工程を含む、A 1 6～A 1 8 のいずれか一つに記載の半導体装置 (1 A、1 B) の製造方法。

[0491] [A 2 0] 前記ボディ領域 (1 3) の形成工程は、前記ドリフト領域 (1 1) の表層部のうち前記マスク (1 1 1) の直下の領域に前記不純物を注入する工程を含む、A 1 9 に記載の半導体装置 (1 A、1 B) の製造方法。

[0492] 以上、具体的な形態が詳細に説明されたが、これらは技術的内容を明示する具体例に過ぎない。この明細書から抽出される種々の技術的思想は、明細書内の説明順序、形態例の順序、変形例の順序等に制限されずにそれらの間で適宜組み合わせ可能である。

符号の説明

[0493] 1 A 半導体装置
1 B 半導体装置

2	チップ
3	第1主面
1 1	ドリフト領域
1 3	ボディ領域
1 6	第1ソース領域
1 7	第2ソース領域
1 8	コンタクト領域
1 9	膨出部
2 4	高濃度領域
2 5	低濃度領域
2 7	表層ドリフト領域
1 0 0	ウエハ
1 0 1	第1ウエハ主面
1 1 1	第1マスク
1 1 2	開口
1 3 0	コラム領域
G B	ボディ勾配
T B	ボディ厚さ
W B	ボディ幅
W D	ドリフト幅

請求の範囲

- [請求項1] 主面を有するチップと、
前記主面の表層部に形成された第1導電型のドリフト領域と、
水平方向の幅が厚さ方向に向けて減少するように前記ドリフト領域の表層部に先細り形状に形成され、前記主面に対して斜め方向に傾斜した周縁部を有する第2導電型のボディ領域と、を含む、半導体装置。
- [請求項2] 前記チップは、SiC単結晶を含む、請求項1に記載の半導体装置。
- [請求項3] 前記ボディ領域は、前記主面側の上端部を起点に前記幅が前記厚さ方向に向けて減少するように形成され、前記上端部を起点に斜め方向に傾斜した前記周縁部を有している、請求項1または2に記載の半導体装置。
- [請求項4] 前記ボディ領域は、 $0.5\mu\text{m}$ 以上の厚さを有し、前記周縁部の前記上端部を基準位置としたとき、 $0.5\mu\text{m}$ の厚さ位置における前記周縁部の前記水平方向の変化量が $0.05\mu\text{m}$ 以上である勾配を有している、請求項3に記載の半導体装置。
- [請求項5] 前記ボディ領域は、前記厚さ方向に向けて漸減する濃度勾配を有している、請求項1～4のいずれか一項に記載の半導体装置。
- [請求項6] 前記ボディ領域は、前記水平方向に関して、内方側の高濃度領域および周縁側の低濃度領域を有し、前記高濃度領域から前記低濃度領域に向けて漸減する濃度勾配を有している、請求項1～5のいずれか一項に記載の半導体装置。
- [請求項7] 前記高濃度領域は、前記ボディ領域の中間部よりも下方に形成された部分を有し、
前記低濃度領域は、前記ボディ領域の前記中間部よりも下方に形成された部分を有している、請求項6に記載の半導体装置。
- [請求項8] 前記高濃度領域は、前記厚さ方向に漸減する濃度勾配を有し、

前記低濃度領域は、前記厚さ方向に漸減する濃度勾配を有している、請求項 6 または 7 に記載の半導体装置。

[請求項9] 前記ボディ領域の前記周縁部は、前記水平方向に張り出した複数の膨出部を前記厚さ方向に沿って多段階的に有している、請求項 1 ～ 8 のいずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項10] 前記ドリフト領域の表層部に間隔を空けて形成された複数の前記ボディ領域と、

前記ドリフト領域の表層部において前記水平方向の幅が前記厚さ方向に向けて増加するように複数の前記ボディ領域の間の領域に区画され、複数の前記ボディ領域と J F E T 構造を形成する第 1 導電型の表層ドリフト領域と、をさらに含む、請求項 1 ～ 9 のいずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項11] 前記ボディ領域の表層部に形成され、前記ドリフト領域の不純物濃度よりも高い不純物濃度を有する第 1 導電型の不純物領域と、

前記ボディ領域の表層部に形成され、前記ボディ領域の不純物濃度よりも高い不純物濃度を有する第 2 導電型のコンタクト領域と、をさらに含む、請求項 1 ～ 1 0 のいずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項12] 前記ドリフト領域内において前記ボディ領域の下方の厚さ範囲に形成された第 2 導電型のコラム領域を含む、請求項 1 ～ 1 1 のいずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項13] 主面を有するチップと、

前記主面の表層部に形成された第 1 導電型のドリフト領域と、

前記ドリフト領域の表層部に形成された第 2 導電型のボディ領域と、

、

前記ボディ領域の表層部に形成され、前記ボディ領域の不純物濃度よりも高い不純物濃度を有する第 2 導電型のコンタクト領域と、を含み、

前記ボディ領域は、前記コンタクト領域よりも下方の厚さ範囲に形

成された高濃度領域、および、前記厚さ範囲において前記高濃度領域に対して周縁側の領域に形成された低濃度領域を含む、半導体装置。

[請求項14] 前記高濃度領域は、前記コンタクト領域の不純物濃度よりも低い不純物濃度を有し、

前記低濃度領域は、前記高濃度領域の不純物濃度よりも低い不純物濃度を有している、請求項13に記載の半導体装置。

[請求項15] 前記ボディ領域は、前記主面に対して斜め方向に傾斜した周縁部を有している、請求項13または14に記載の半導体装置。

[請求項16] 主面の表層部に第1導電型のドリフト領域を有するウエハを用意する工程と、

水平方向の注入範囲が厚さ方向に減少するように前記ドリフト領域の表層部に第2導電型の不純物を注入し、前記主面に対して斜め方向に傾斜した周縁部を有する第2導電型のボディ領域を形成する工程と、を含む、半導体装置の製造方法。

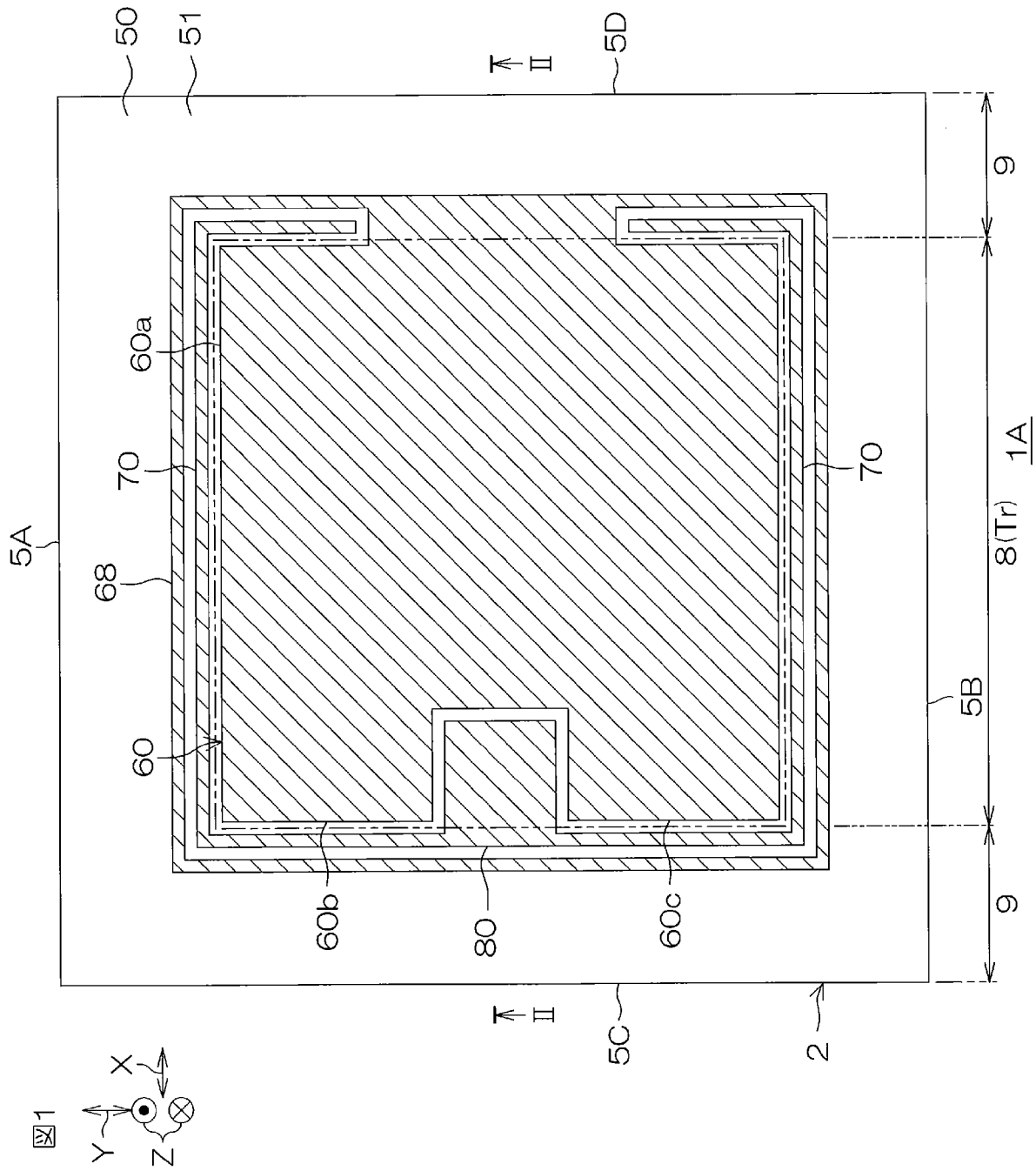
[請求項17] 前記ボディ領域の形成工程は、斜めイオン注入法によって前記ドリフト領域の表層部に前記不純物を注入する工程を含む、請求項16に記載の半導体装置の製造方法。

[請求項18] 前記ボディ領域の形成工程は、前記ドリフト領域の表層部の異なる深さ位置に前記不純物を異なる注入角度で多段注入する工程を含む、請求項17に記載の半導体装置の製造方法。

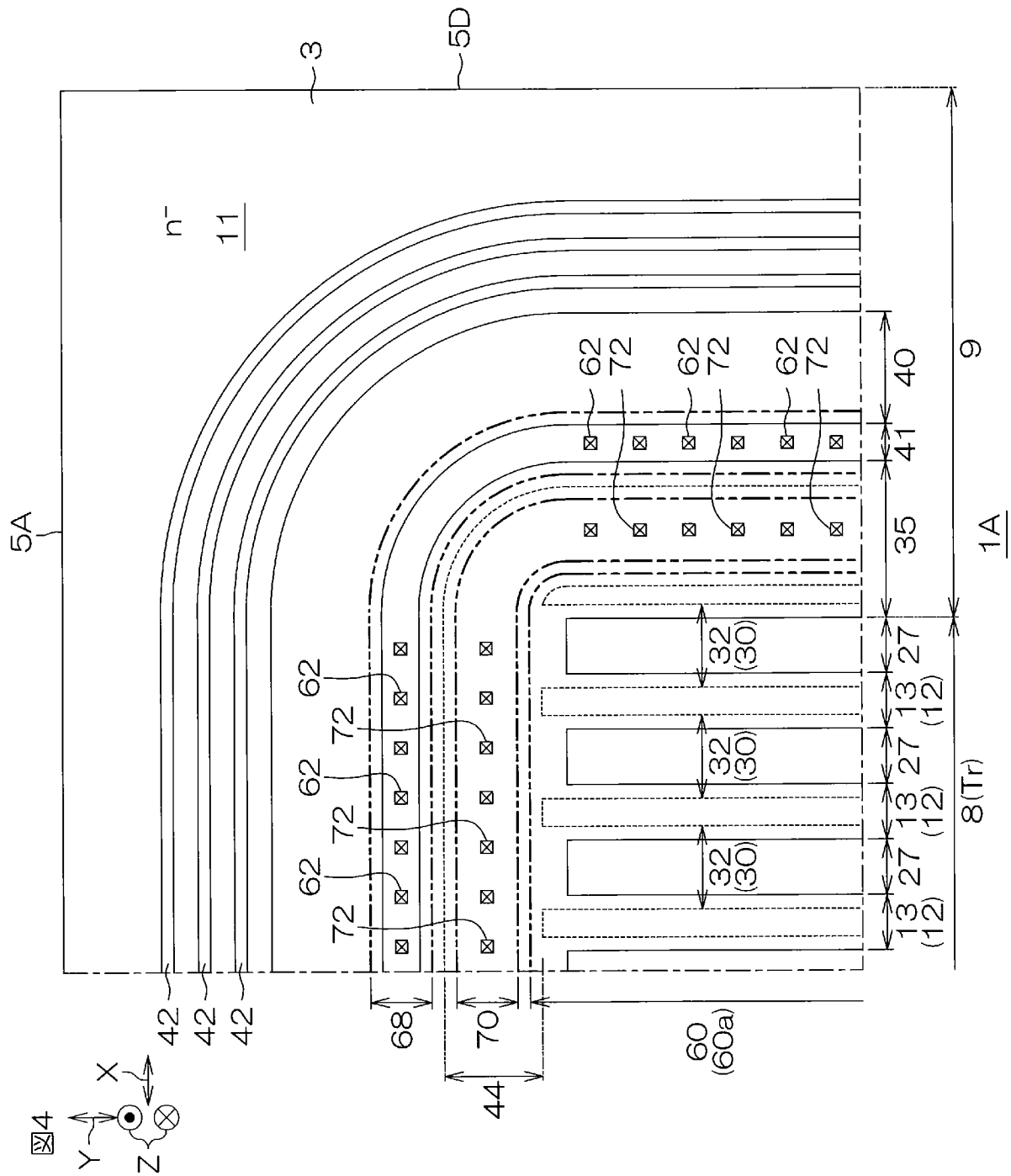
[請求項19] 前記主面の上に開口を有するマスクを形成する工程をさらに含み、前記ボディ領域の形成工程は、前記マスクの前記開口を介して前記ドリフト領域の表層部に前記不純物を注入する工程を含む、請求項16～18のいずれか一項に記載の半導体装置の製造方法。

[請求項20] 前記ボディ領域の形成工程は、前記ドリフト領域の表層部のうち前記マスクの直下の領域に前記不純物を注入する工程を含む、請求項19に記載の半導体装置の製造方法。

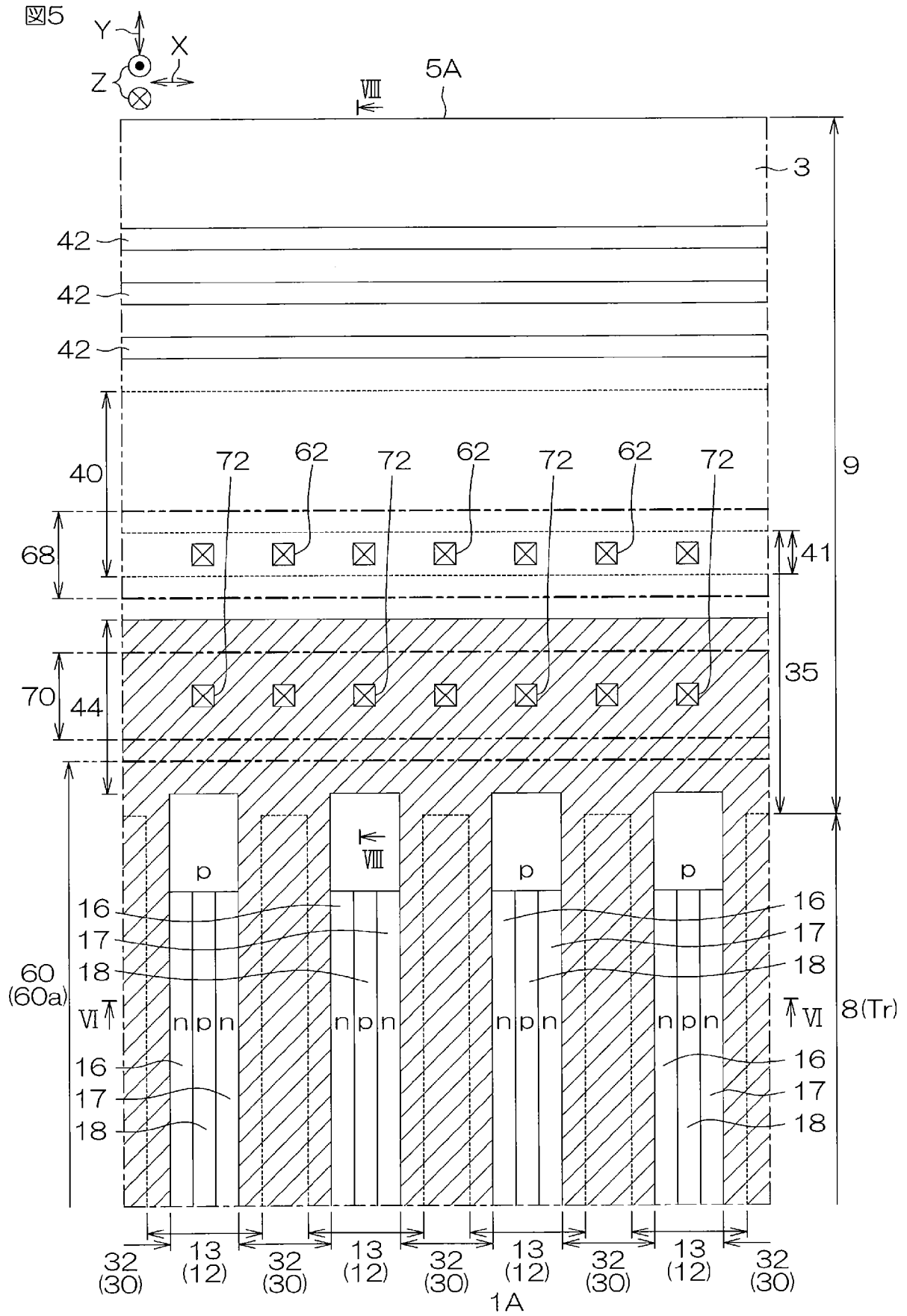
[図1]



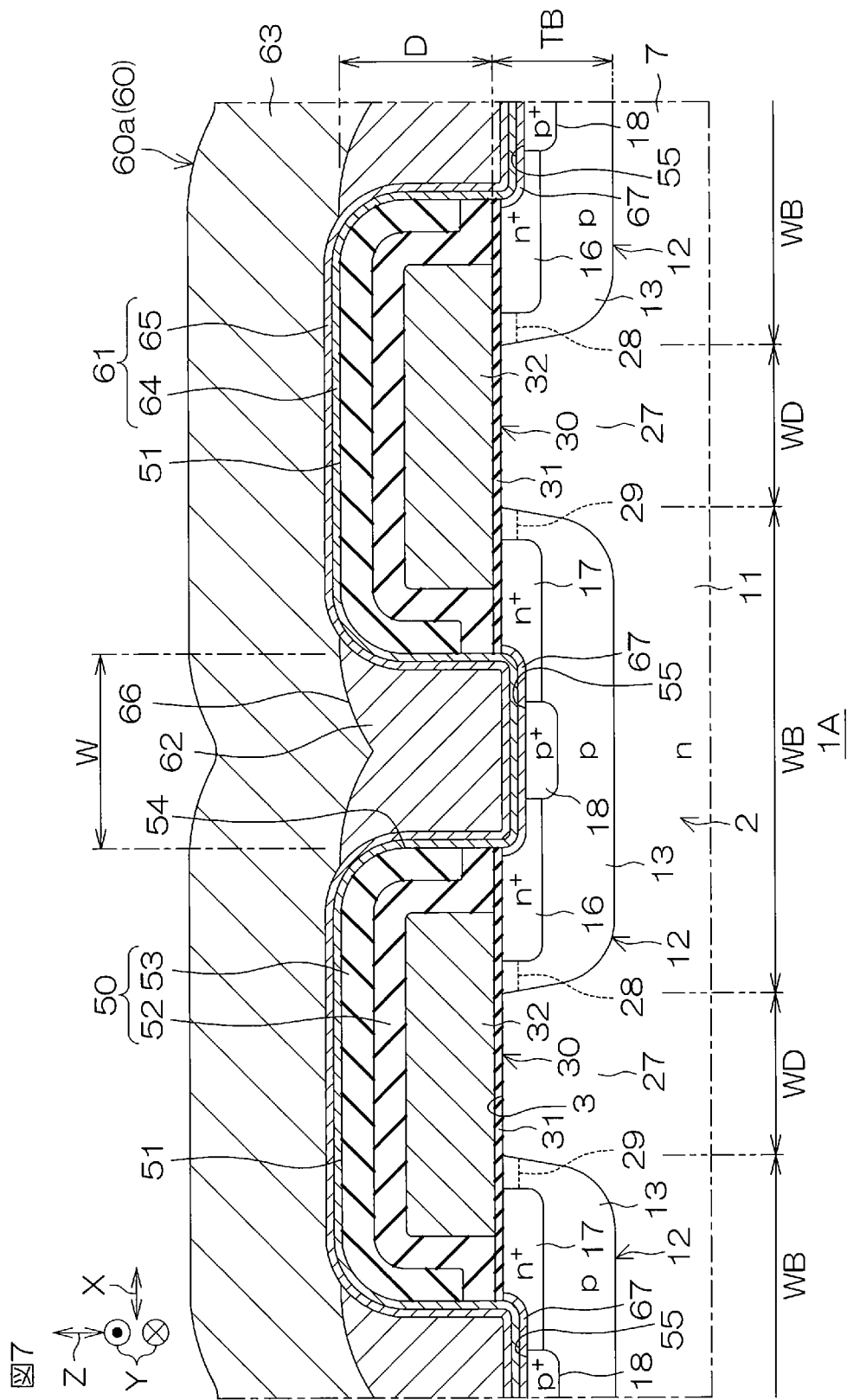
[図4]



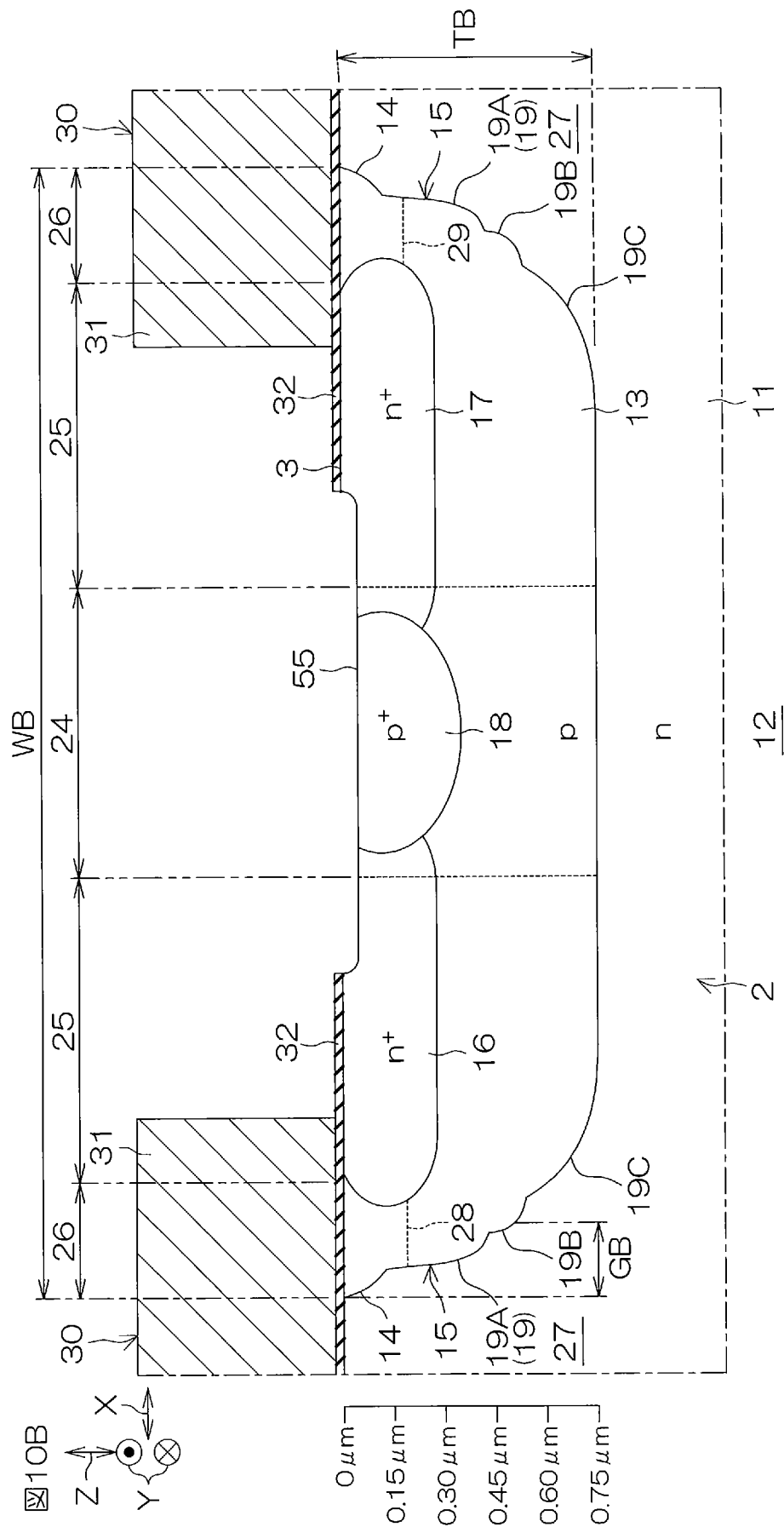
[図5]



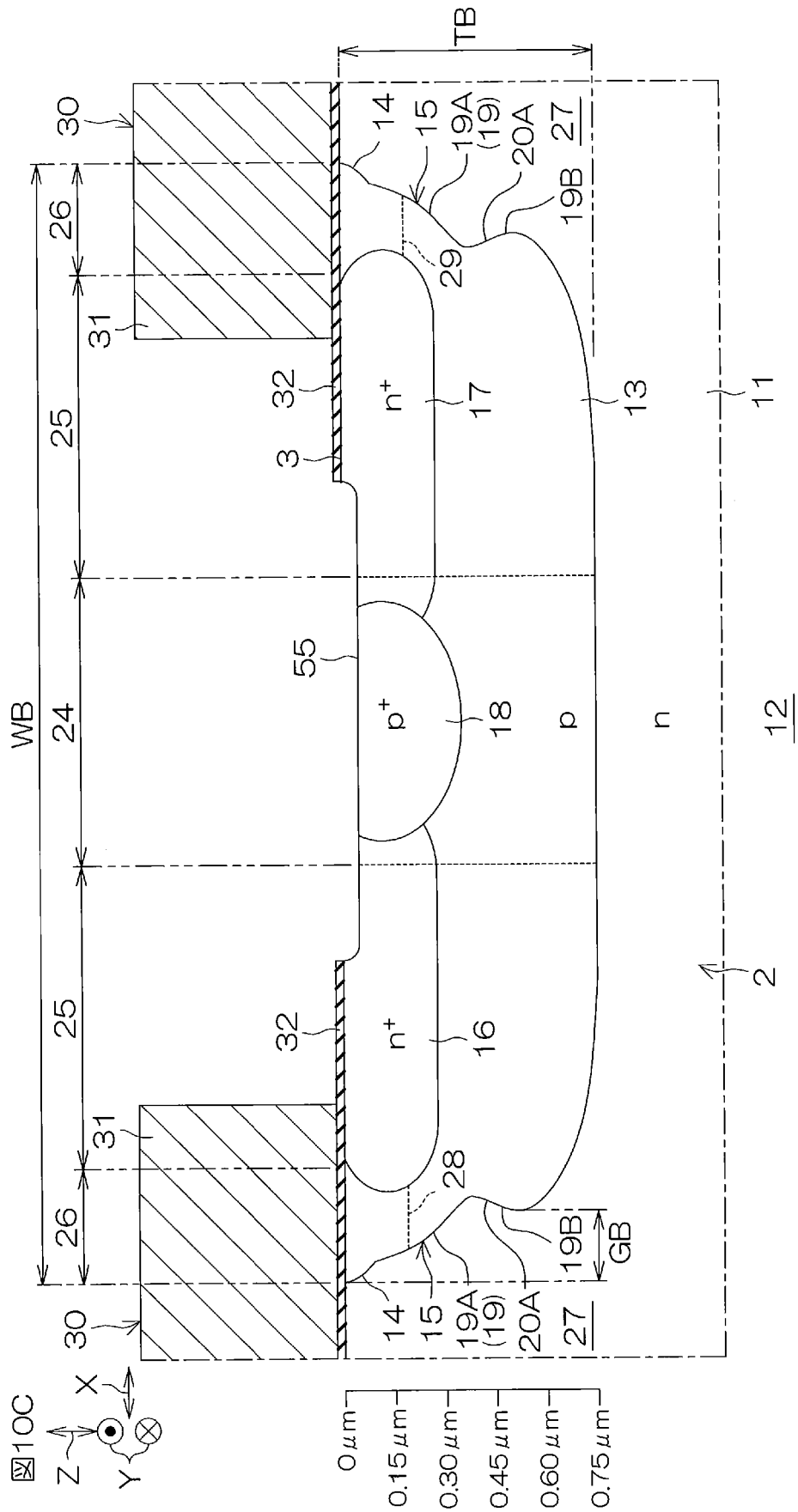
[図7]



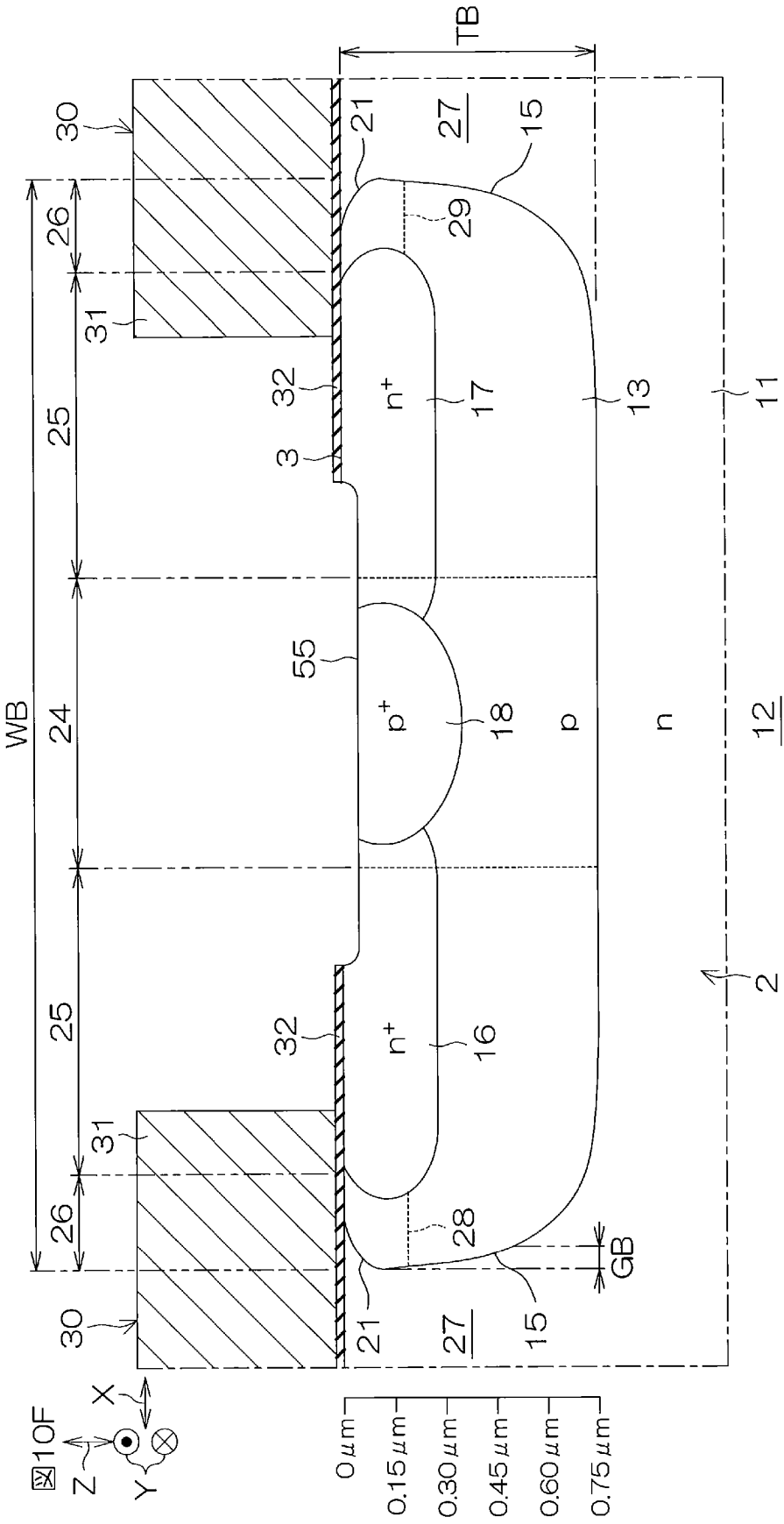
[図10B]



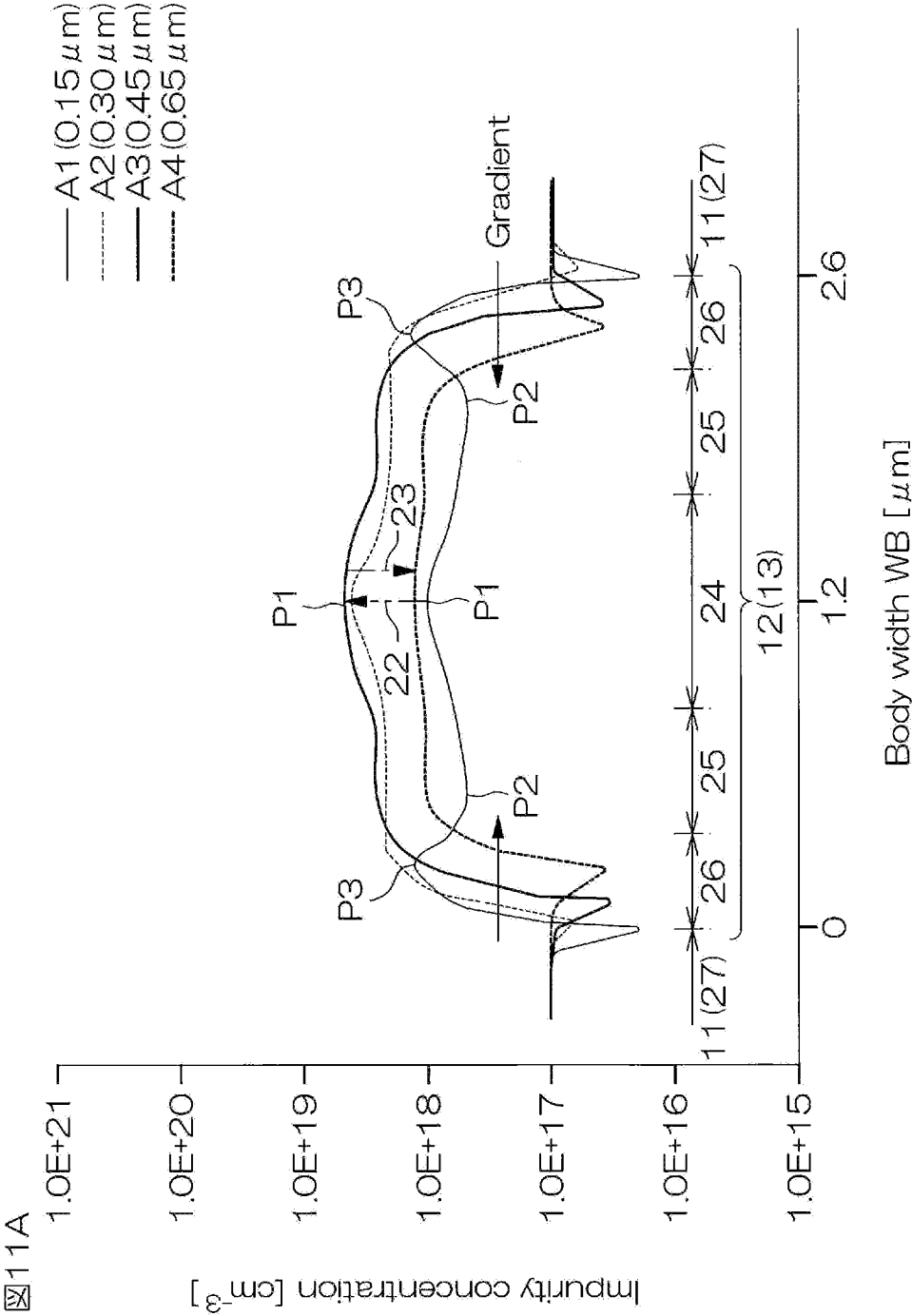
[図10C]



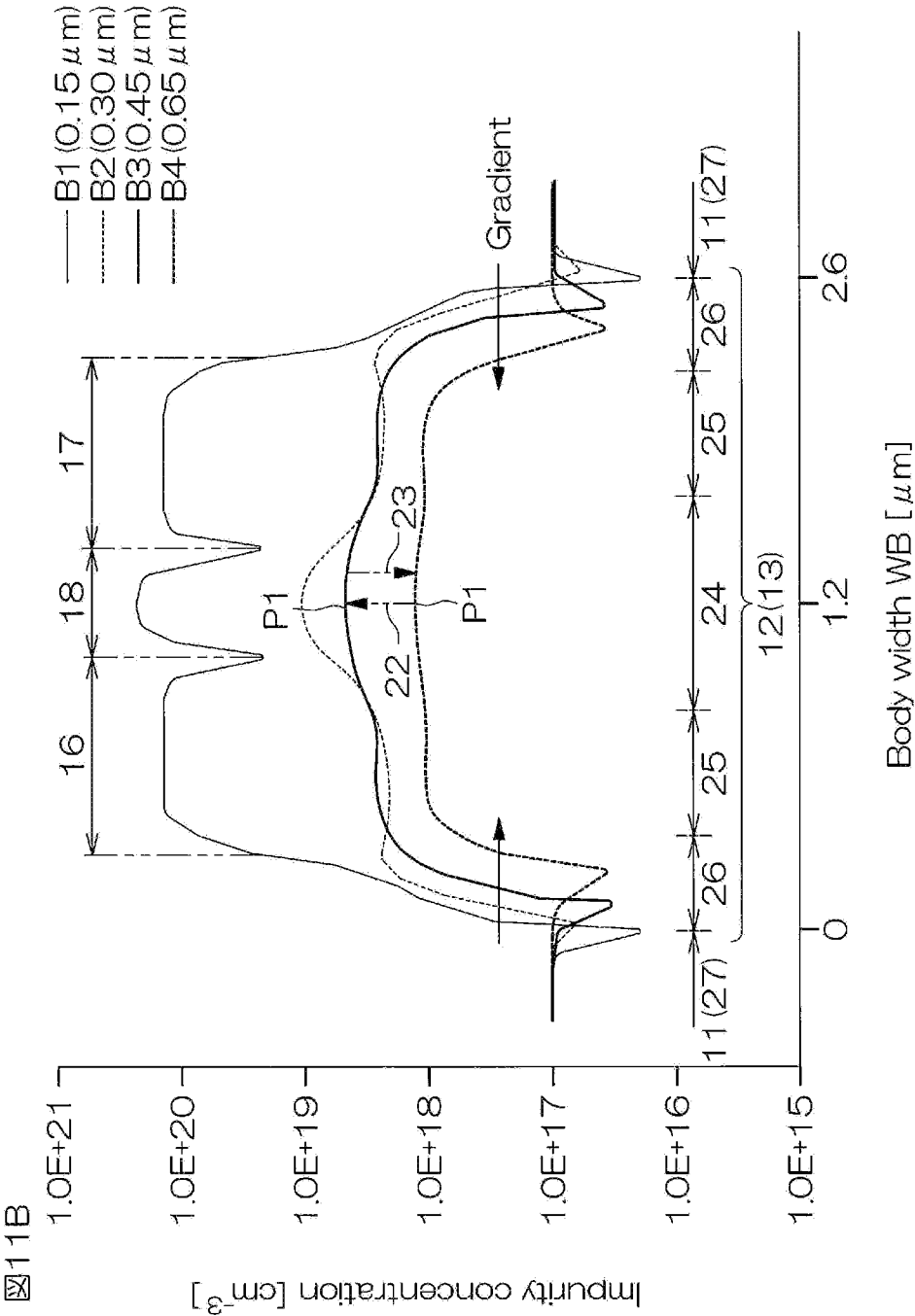
[図10F]



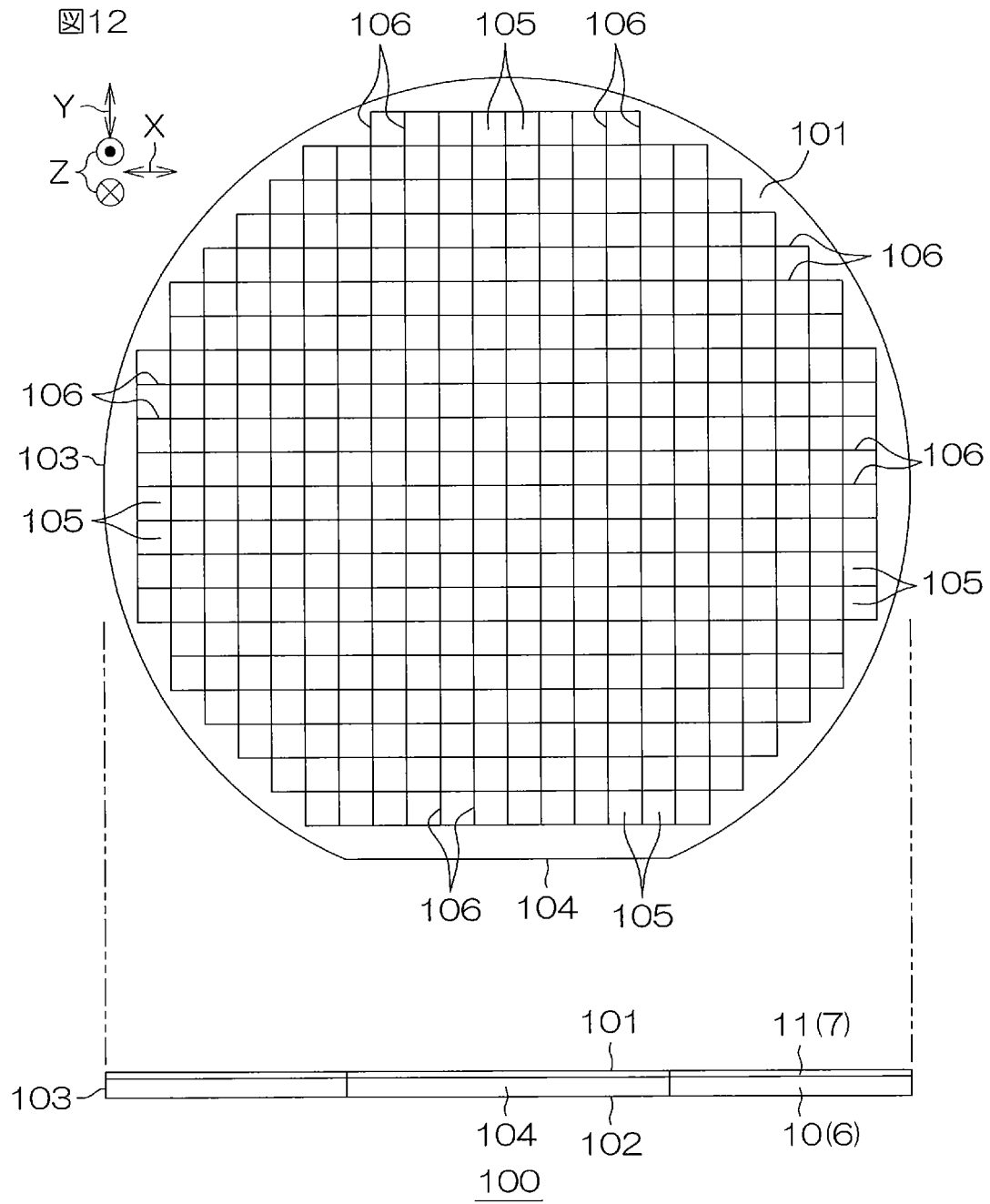
[図11A]



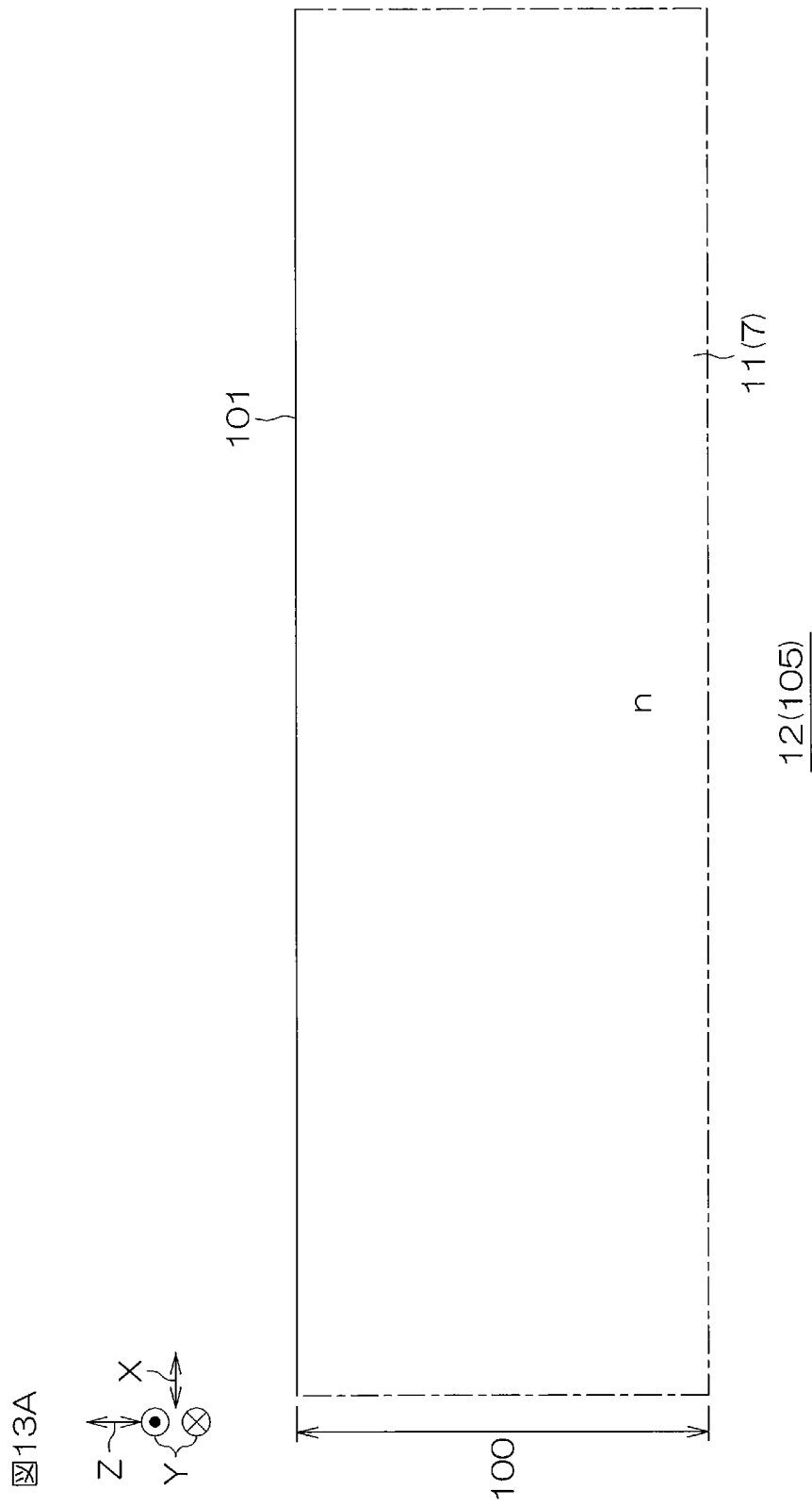
[図11B]



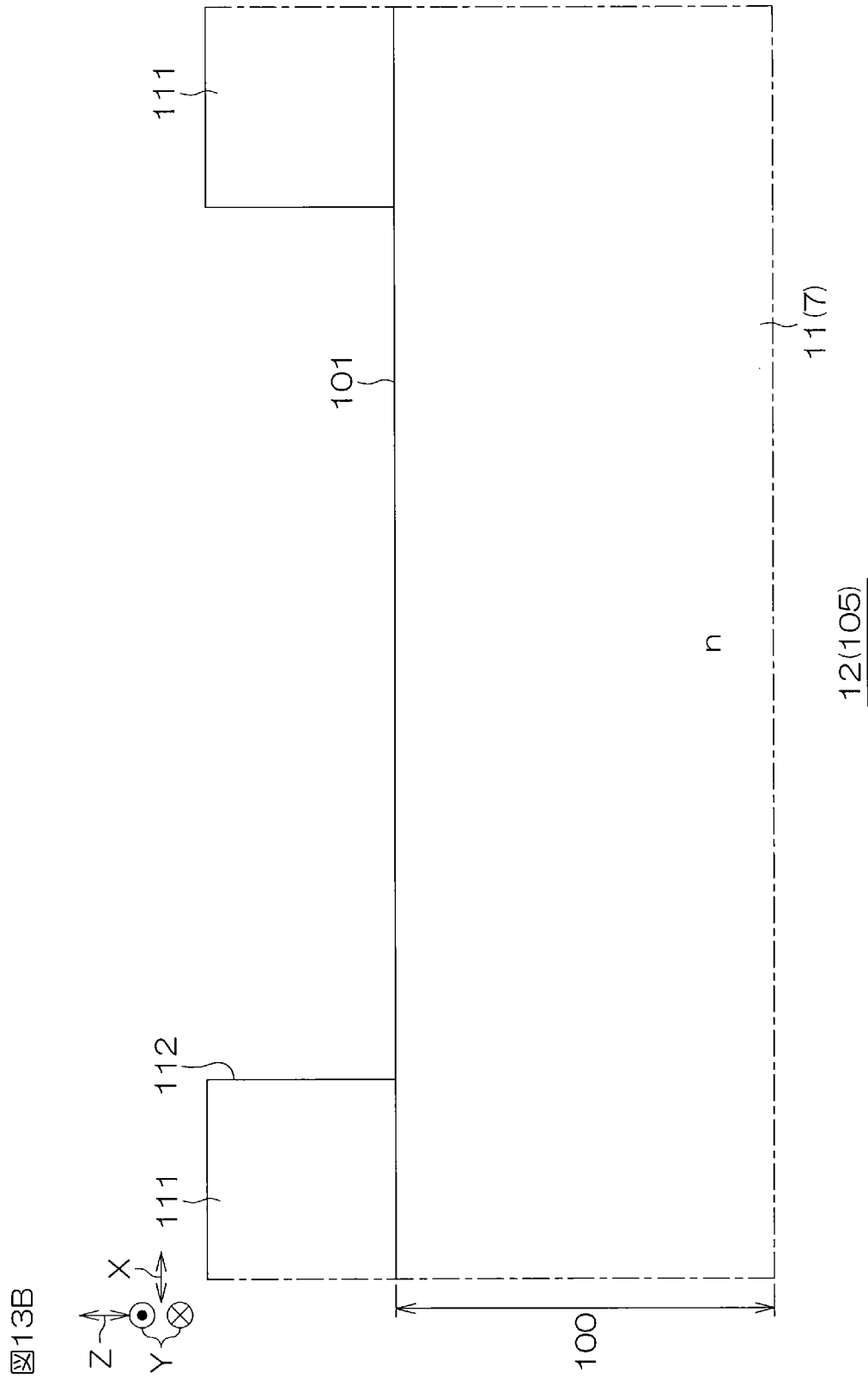
[図12]



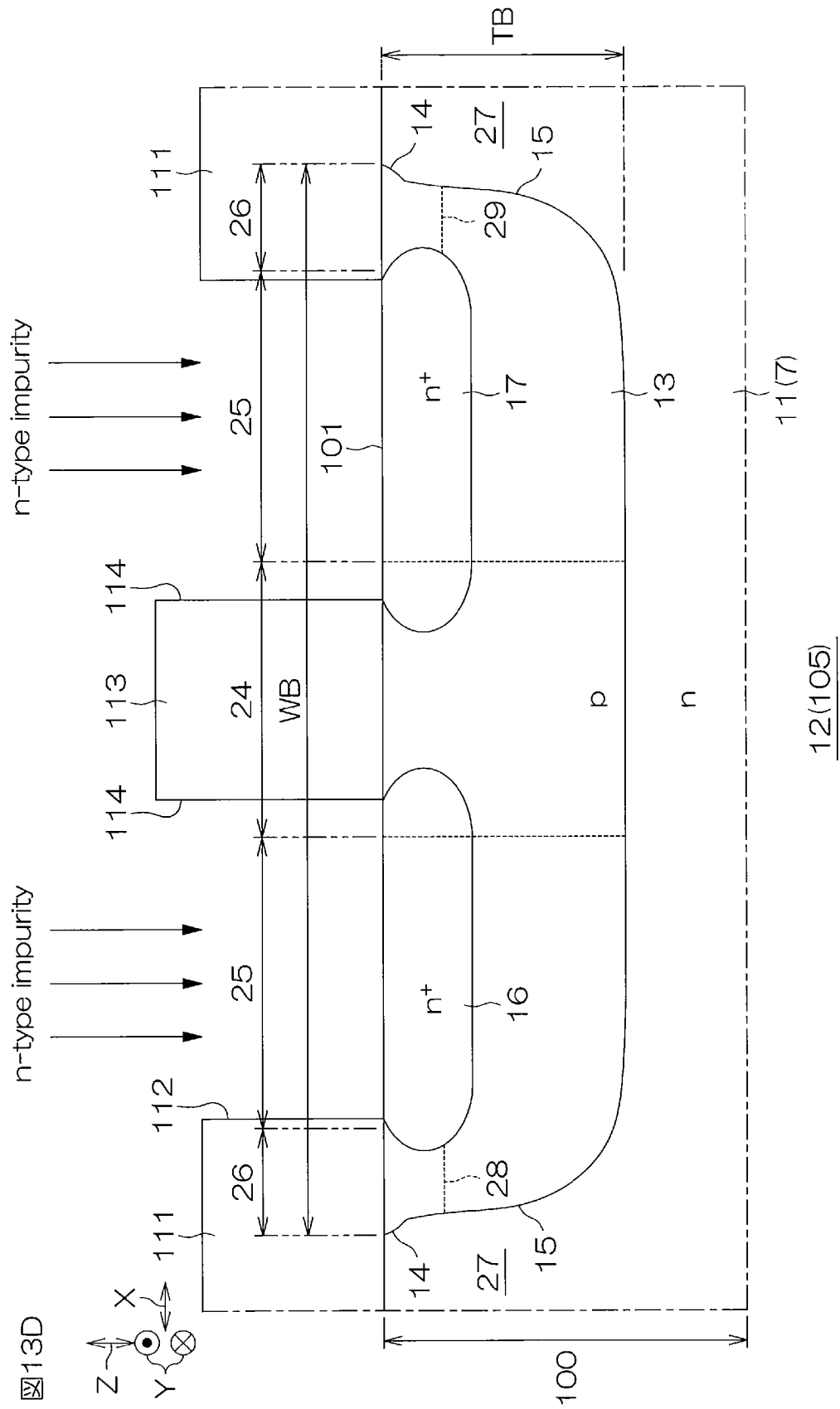
[図13A]



[図13B]

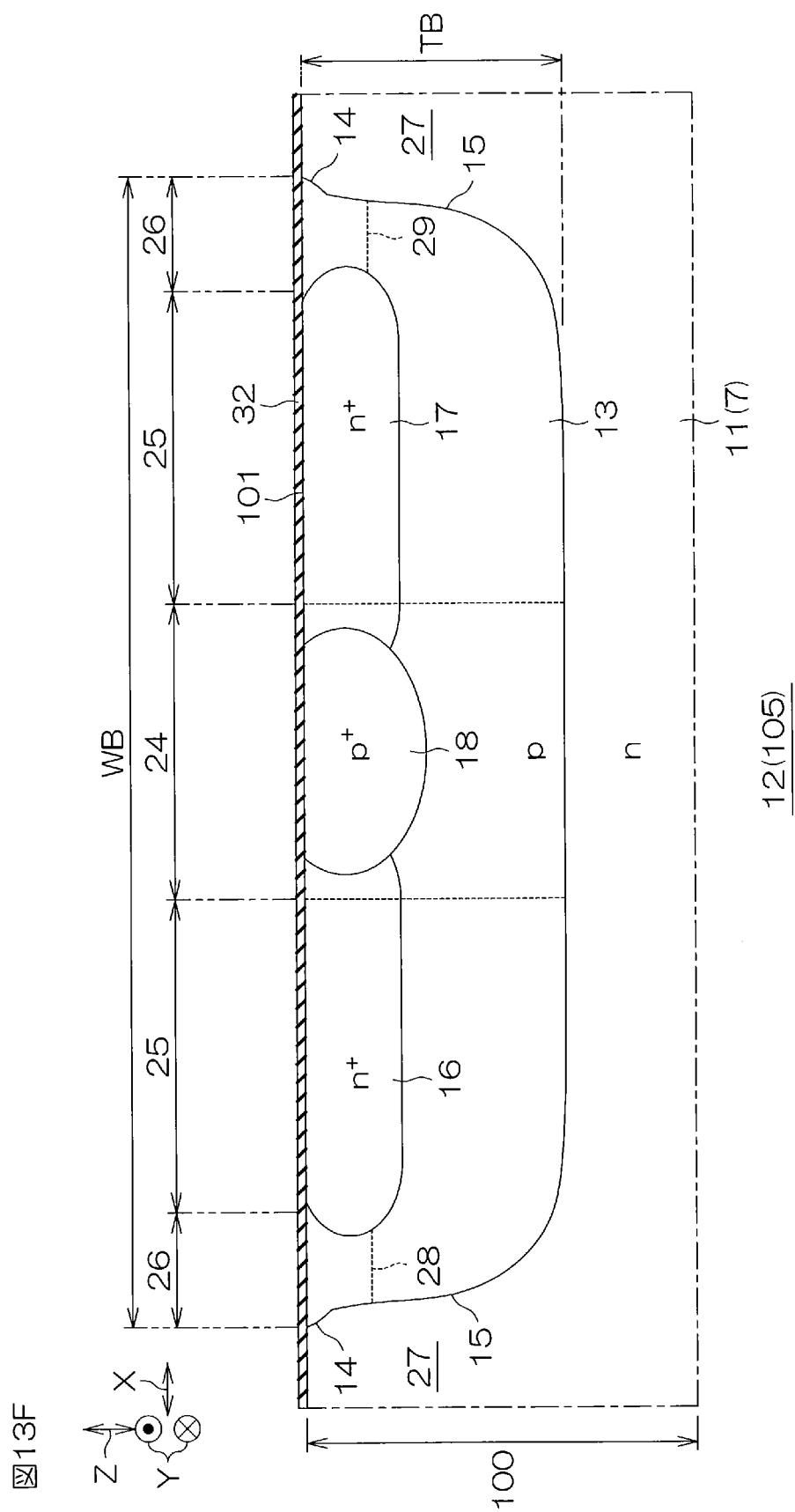


[図13D]

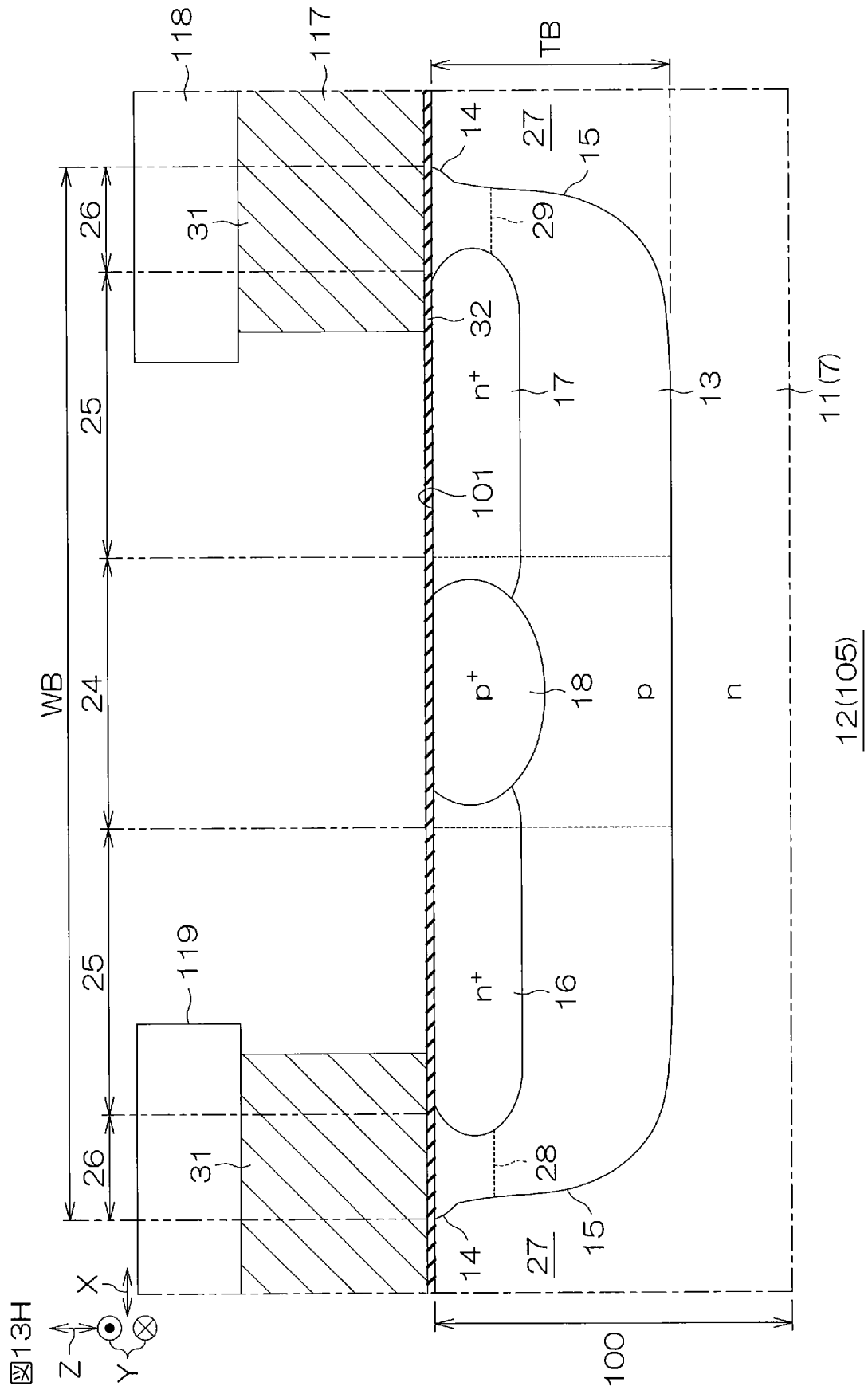


12(105)

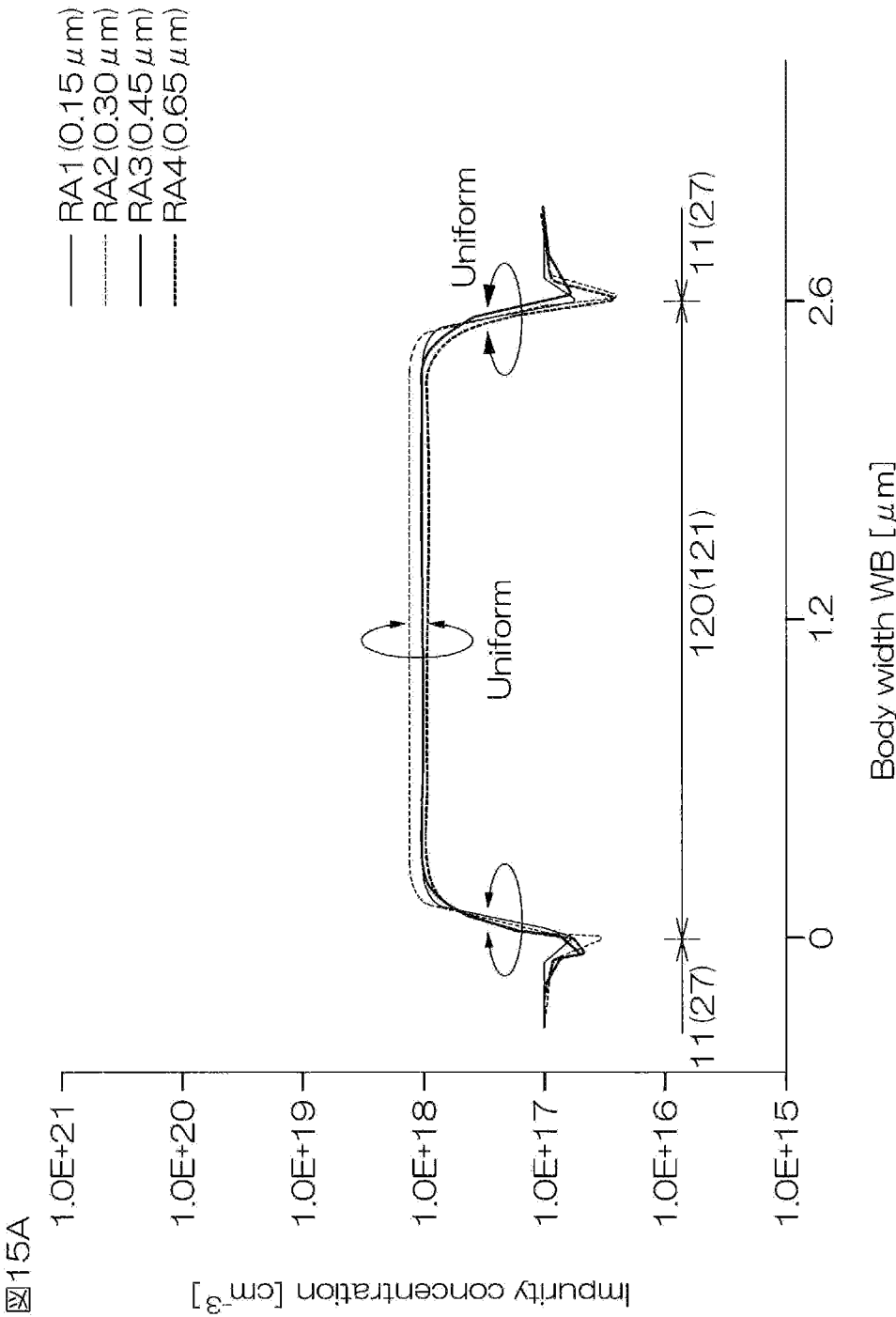
[図13F]



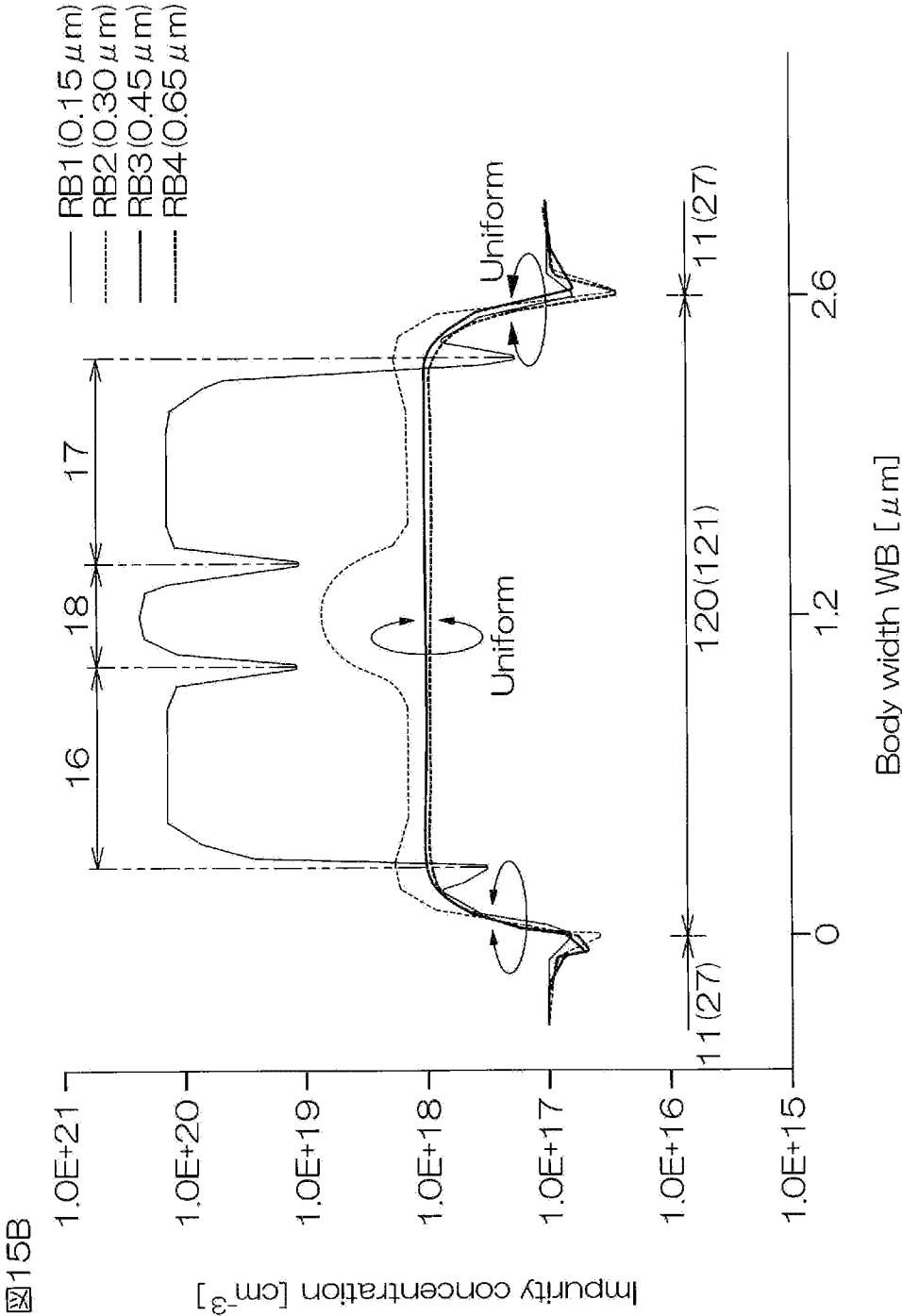
[図13H]



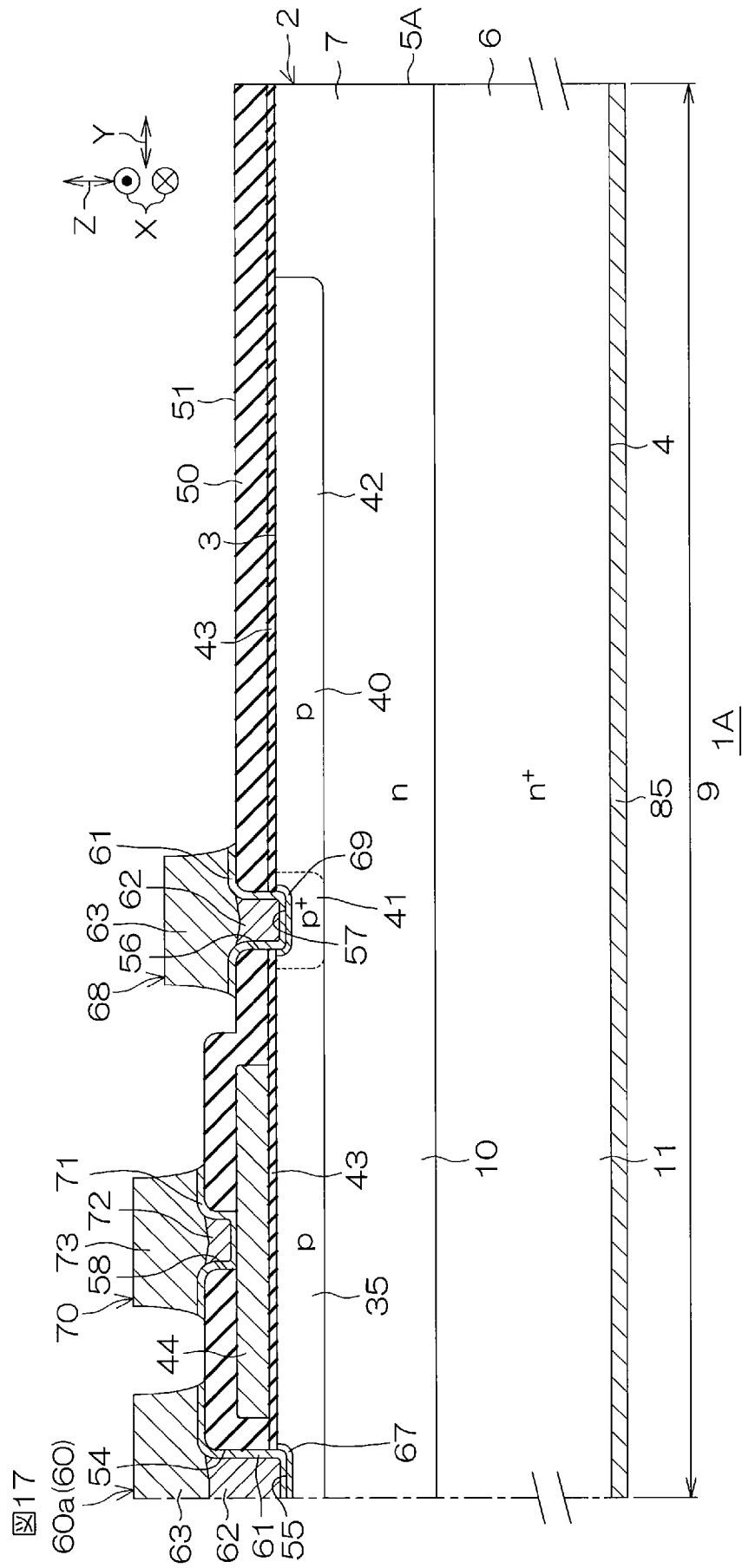
[図15A]



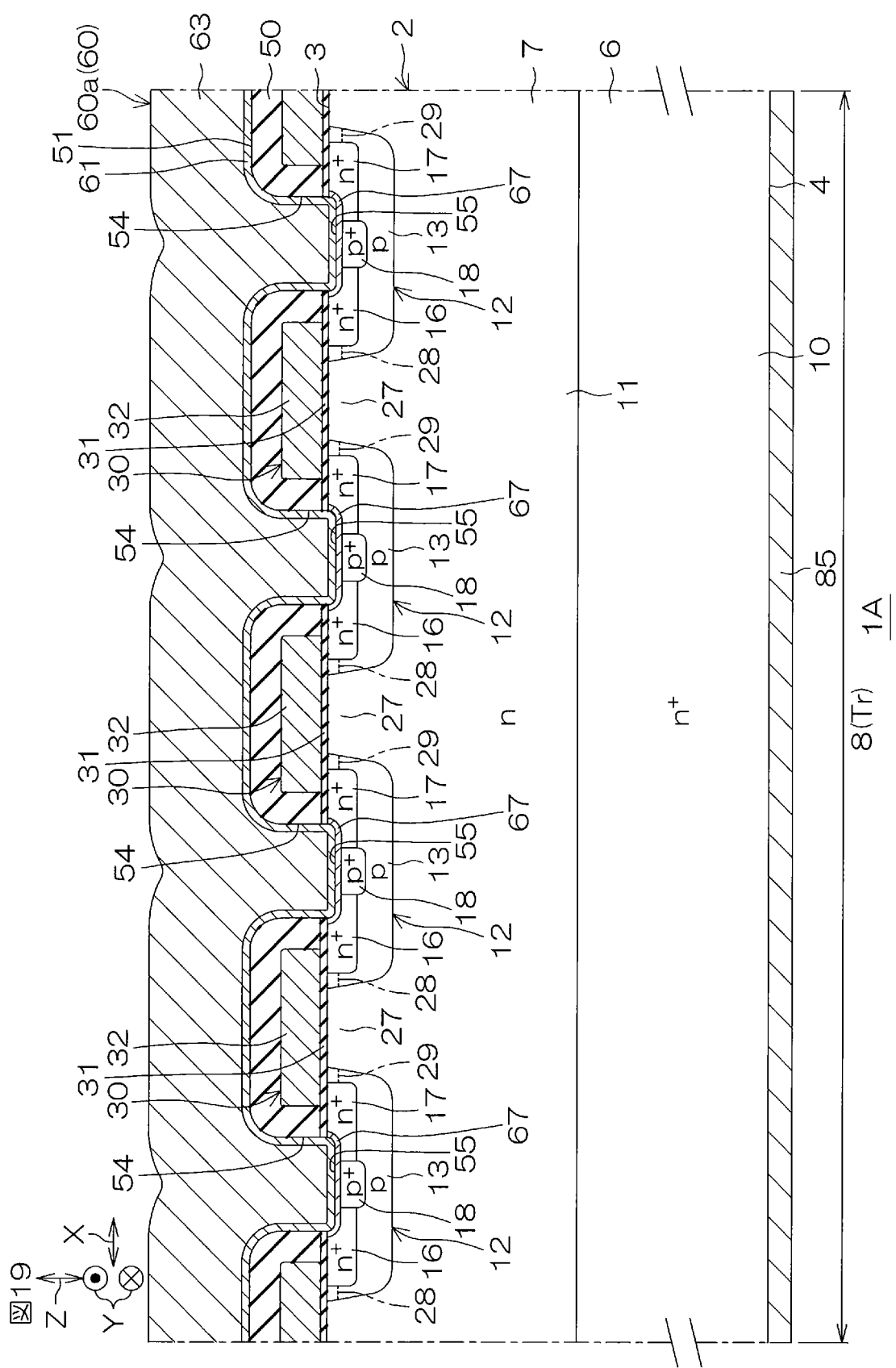
[図15B]



[図17]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/012559

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 29/78(2006.01)i; **H01L 21/265**(2006.01)i; **H01L 21/336**(2006.01)i; **H01L 29/06**(2006.01)i; **H01L 29/12**(2006.01)i; **H01L 29/739**(2006.01)i

FI: H01L29/78 652C; H01L29/78 652T; H01L29/78 652Q; H01L29/78 652F; H01L29/78 652N; H01L29/78 652D; H01L29/78 652M; H01L29/78 652P; H01L29/78 658A; H01L21/265 V; H01L29/78 652H; H01L29/06 301G; H01L29/06 301V; H01L29/78 655A

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; H01L21/265; H01L21/336; H01L29/06; H01L29/12; H01L29/739

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 1971-2024
Registered utility model specifications of Japan 1996-2024
Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2004-319964 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 11 November 2004 (2004-11-11) paragraphs [0015]-[0028], fig. 1-9, 14, 20, 21, 22	1-4, 10, 16-17, 19-20
Y		5-8, 11, 13-15
A		9, 12, 18
X	JP 11-274173 A (DENSO CORPORATION) 08 October 1999 (1999-10-08) paragraphs [0037]-[0047], [0057]-[0062], fig. 1-3, 7, 8(a)	1-3, 10, 16-17, 19-20
Y		5-8, 11, 13-15
A		4, 9, 12, 18



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
“D” document cited by the applicant in the international application
“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

10 June 2024

Date of mailing of the international search report

18 June 2024

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.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2004-040088 A (INTERNATIONAL RECTIFIER CORP.) 05 February 2004 (2004-02-05) paragraphs [0008], [0010]-[0025], fig. 1-7	1, 3, 5-8, 10-11, 13-15
Y		5-8, 13-15
A		2, 4, 9, 12, 16-20
X	JP 2016-039263 A (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 22 March 2016 (2016-03-22) paragraphs [0011]-[0024], fig. 1	1, 3, 10-12
A		2, 4-9, 13-20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/012559

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2004-319964	A	11 November 2004	US 2004/0188755 A1 paragraphs [0039]-[0051], fig. 1-9, 14, 20, 21, 22 US 2006/0134847 A1 DE 102004012815 A1	
JP	11-274173	A	08 October 1999	(Family: none)	
JP	2004-040088	A	05 February 2004	US 2003/0205829 A1 paragraphs [0008], [0017]-[0032], fig. 1-7 US 2004/0183127 A1	
JP	2016-039263	A	22 March 2016	US 2016/0043199 A1 paragraphs [0018]-[0031], fig. 1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

H01L 29/78(2006.01)i; H01L 21/265(2006.01)i; H01L 21/336(2006.01)i; H01L 29/06(2006.01)i;
H01L 29/12(2006.01)i; H01L 29/739(2006.01)i
FI: H01L29/78 652C; H01L29/78 652T; H01L29/78 652Q; H01L29/78 652F; H01L29/78 652N; H01L29/78 652D;
H01L29/78 652M; H01L29/78 652P; H01L29/78 658A; H01L21/265 V; H01L29/78 652H; H01L29/06 301G;
H01L29/06 301V; H01L29/78 655A

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

H01L29/78; H01L21/265; H01L21/336; H01L29/06; H01L29/12; H01L29/739

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報1922-1996年
日本国公開実用新案公報1971-2024年
日本国実用新案登録公報1996-2024年
日本国登録実用新案公報1994-2024年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2004-319964 A（三菱電機株式会社）11.11.2004（2004-11-11） 段落0015-0028, 図1-9, 14, 20, 21, 22	1-4, 10, 16-17, 19-20
Y		5-8, 11, 13-15
A		9, 12, 18
X	JP 11-274173 A（株式会社デンソー）08.10.1999（1999-10-08） 段落0037-0047, 0057-0062, 図1-3, 7, 8(a)	1-3, 10, 16-17, 19-20
Y		5-8, 11, 13-15
A		4, 9, 12, 18

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの
“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日
10.06.2024

国際調査報告の発送日
18.06.2024

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

権限のある職員（特許庁審査官）

恩田 和彦 5F 5896

電話番号 03-3581-1101 内線 3514

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2004-040088 A (インターナショナル・レクチファイヤー・コーポレーション) 05.02.2004 (2004 - 02 - 05) 段落0008, 0010-0025, 図1-7	1, 3, 5-8, 10-11, 13-15
Y		5-8, 13-15
A		2, 4, 9, 12, 16-20
X	JP 2016-039263 A (株式会社東芝) 22.03.2016 (2016 - 03 - 22) 段落0011-0024, 図1	1, 3, 10-12
A		2, 4-9, 13-20

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/JP2024/012559

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2004-319964	A	11.11.2004	US 2004/0188755 A1 段落0039-0051, 図1-9, 14, 20, 21, 22 US 2006/0134847 A1 DE 102004012815 A1	
JP	11-274173	A	08.10.1999	(ファミリーなし)	
JP	2004-040088	A	05.02.2004	US 2003/0205829 A1 段落0008, 0017-0032, 図1-7 US 2004/0183127 A1	
JP	2016-039263	A	22.03.2016	US 2016/0043199 A1 段落0018-0031, 図1	