(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9月12日(12.09.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/185360 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 29/78 (2006.01) *H01L 29/739* (2006.01)
H01L 21/336 (2006.01) *H01L 29/861* (2006.01)
H01L 29/12 (2006.01) *H01L 29/868* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2024/003624

(22) 国際出願日： 2024年2月5日(05.02.2024)

(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 2023-033611 2023年3月6日(06.03.2023) 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２１番地 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 後田 敦史 (**NOCHIDA Atsushi**); 〒6158585 京都府京都市右京区西院溝崎町２１番地 ローム株式会社内 Kyoto (JP).

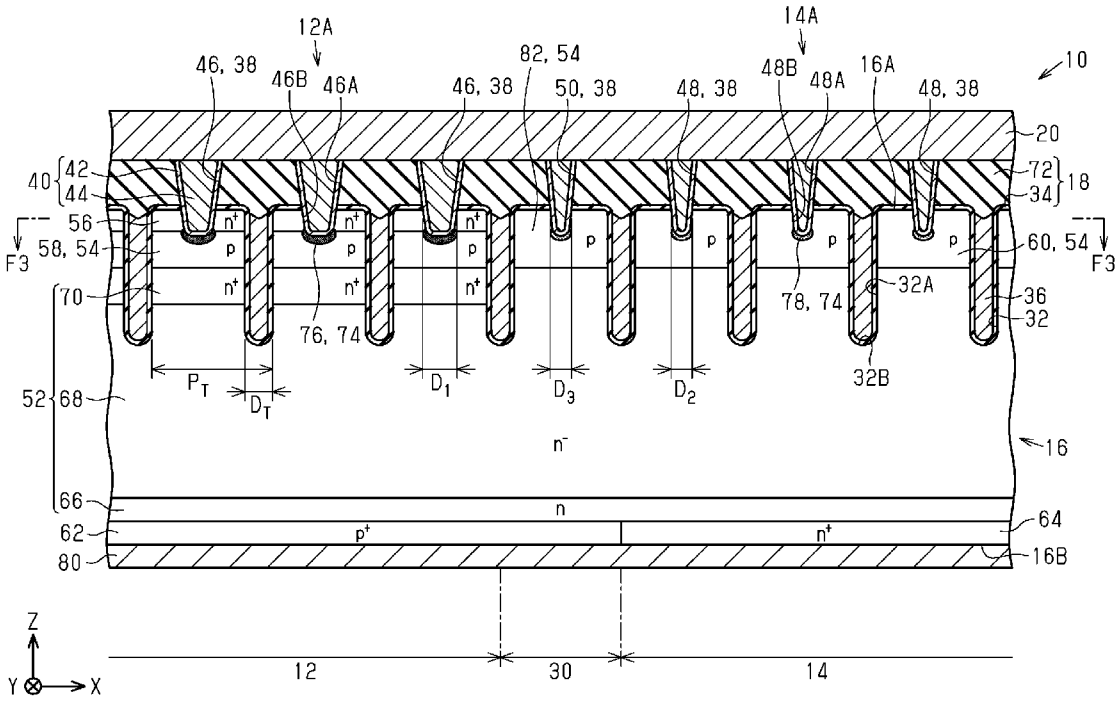
(74) 代理人: 恩田 誠, 外 (**ONDA Makoto** et al.); 〒5008731 岐阜県岐阜市大宮町二丁目１２番地１ Gifu (JP).

(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,

WO 2024/185360 A1

(54) **Title:** REVERSE CONDUCTING IGBT AND METHOD FOR MANUFACTURING REVERSE CONDUCTING IGBT

(54) 発明の名称： 逆導通ＩＧＢＴおよび逆導通ＩＧＢＴの製造方法



(57) **Abstract:** A reverse conducting IGBT (10) including an IGBT region (12) and a diode region (14), an IGBT (12A) being formed in the IGBT region (12) and a diode (14A) being formed in the diode region (14), is provided with a plurality of contact plugs (40) respectively embedded in a plurality of contact holes (38). Each of the contact holes (38) exposes a semiconductor substrate (16) between two trenches (32) that are adjacent to each other along a first direction. The plurality of contact holes (38) include first contact holes (46) provided in the IGBT

[続葉有]

HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, 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：

— 国際調査報告（条約第21条(3)）

region (12) and second contact holes (48) provided in the diode region (14). The dimension (D_1) of each of the first contact holes (46) along the first direction is greater than the dimension (D_2) of each of the second contact holes (48) along the first direction. The carrier density of a second conductivity type in a first doped region (76) exposed via each of the first contact holes (46) is higher than the carrier density of the second conductivity type in a second doped region (78) exposed via each of the second contact holes (48).

(57) 要約：ＩＧＢＴ（１２Ａ）が形成されたＩＧＢＴ領域（１２）とダイオード（１４Ａ）が形成されたダイオード領域（１４）とを含む逆導通ＩＧＢＴ（１０）は、複数のコンタクト孔（３８）にそれぞれ埋め込まれた複数のコンタクトプラグ（４０）を備える。各コンタクト孔（３８）は、第１方向に互いに隣り合う２つのトレンチ（３２）の間で半導体基板（１６）を露出させる。複数のコンタクト孔（３８）は、ＩＧＢＴ領域（１２）に設けられた第１コンタクト孔（４６）と、ダイオード領域（１４）に設けられた第２コンタクト孔（４８）とを含む。第１コンタクト孔（４６）の第１方向の寸法（D_1）は、第２コンタクト孔（４８）の第１方向の寸法（D_2）よりも大きい。第１コンタクト孔（４６）により露出される第１ドープ領域（７６）の第２導電型のキャリア濃度は、第２コンタクト孔（４８）により露出される第２ドープ領域（７８）の第２導電型のキャリア濃度よりも高い。

明　細　書

発明の名称 ： 逆導通ＩＧＢＴおよび逆導通ＩＧＢＴの製造方法

技術分野

[0001]　本開示は、逆導通ＩＧＢＴおよび逆導通ＩＧＢＴの製造方法に関する。

背景技術

[0002]　逆導通ＩＧＢＴ（Reverse Conducting Insulated Gate Bipolar Transistor，ＲＣ－ＩＧＢＴ）は、ＩＧＢＴと、ＩＧＢＴに逆並列に接続される還流ダイオードとを１チップ化したものである。特許文献１には、ＲＣ－ＩＧＢＴのアクティブ領域が、ＩＧＢＴ領域およびダイオード領域を含むことが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第２０２０／０８０４７６号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004]　ＩＧＢＴとダイオードとでは求められる性能が異なるため、最適なキャリア濃度がＩＧＢＴ領域とダイオード領域とで異なり得る。ＩＧＢＴおよびダイオードの両方で望ましい性能を得るために、ＩＧＢＴ領域およびダイオード領域に対して別個にイオン注入を行うことにより、ＩＧＢＴ領域およびダイオード領域の各々でキャリア濃度を最適化することが可能である。しかしながら、この場合、異なる条件での少なくとも２回のイオン注入が必要となるため、製造コストが増大し得る。したがって、製造工程を複雑にすることなく（例えば、ＩＧＢＴ領域およびダイオード領域に対して別個にイオン注入を行うことなく）、ＩＧＢＴ領域およびダイオード領域の各々においてキャリア濃度制御ができれば有益である。

課題を解決するための手段

[0005]　本開示の一態様による、ＩＧＢＴが形成されたＩＧＢＴ領域と、ダイオー

ドが形成されたダイオード領域とを含む逆導通ＩＧＢＴは、第１面および前記第１面と反対側の第２面を有する半導体基板であって、第１導電型の第１領域と、前記第１領域上に形成された第２導電型の第２領域とを含む、半導体基板と、前記半導体基板に形成された複数のトレンチであって、前記複数のトレンチの各々は、前記半導体基板の前記第１面に開口を有するとともに、前記第２領域を貫通して前記第１領域に達している、複数のトレンチと、前記半導体基板の前記第１面上に形成された絶縁層と、前記第２領域に電気的に接続された複数のコンタクトプラグとを備えている。前記複数のコンタクトプラグは、複数のコンタクト孔にそれぞれ埋め込まれている。前記複数のコンタクト孔の各々は、前記絶縁層を貫通して、前記複数のトレンチのうち、第１方向に互いに隣り合う２つのトレンチの間において前記半導体基板を露出させている。前記複数のコンタクト孔は、前記ＩＧＢＴ領域に設けられた第１コンタクト孔と、前記ダイオード領域に設けられた第２コンタクト孔とを含む。前記第２領域は、前記第１コンタクト孔により露出される第１ドープ領域と、前記第２コンタクト孔により露出される第２ドープ領域とを含む。前記第１コンタクト孔の前記第１方向の寸法は、前記第２コンタクト孔の前記第１方向の寸法よりも大きい。前記第１ドープ領域の第２導電型のキャリア濃度は、前記第２ドープ領域の第２導電型のキャリア濃度よりも高い。

[0006] 本開示の一態様による、ＩＧＢＴが形成されたＩＧＢＴ領域と、ダイオードが形成されたダイオード領域とを含む逆導通ＩＧＢＴの製造方法は、ウェハに複数のトレンチを形成することであって、前記ウェハは、第１面および前記第１面と反対側の第２面を有し、前記複数のトレンチの各々は、前記第１面に開口を有している、複数のトレンチを形成すること、前記ウェハに第１導電型の第１領域と、前記第１領域上に形成された第２導電型の第２領域とを形成すること、前記ウェハの前記第１面上に絶縁層を形成すること、複数のコンタクト孔を形成することであって、前記複数のコンタクト孔の各々は、前記絶縁層を貫通して、前記複数のトレンチのうち、第１方向に互いに

隣り合う２つのトレンチの間において前記ウェハを露出させる、複数のコンタクト孔を形成すること、前記ウェハにイオン注入を行うことを含む。前記複数のコンタクト孔は、前記ＩＧＢＴ領域に設けられた第１コンタクト孔と、前記ダイオード領域に設けられた第２コンタクト孔とを含む。前記第１コンタクト孔の前記第１方向の寸法は、前記第２コンタクト孔の前記第１方向の寸法よりも大きい。前記イオン注入を行うことは、前記第２領域に、前記第１コンタクト孔により露出された第１ドープ領域と、前記第２コンタクト孔により露出された第２ドープ領域とを同時に形成することを含む。前記第１ドープ領域の第２導電型のキャリア濃度は、前記第２ドープ領域の第２導電型のキャリア濃度よりも高い。

発明の効果

[0007] 本開示の逆導通ＩＧＢＴおよび逆導通ＩＧＢＴの製造方法によれば、ＩＧＢＴ領域およびダイオード領域におけるキャリア濃度制御を容易にすることができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]図１は、一実施形態に係る例示的な逆導通ＩＧＢＴの概略平面図である。

[図2]図２は、図１に示す逆導通ＩＧＢＴのＩＧＢＴ領域およびダイオード領域のレイアウトを示す概略平面図である。

[図3]図３は、図２に示す逆導通ＩＧＢＴの領域Ｆ３の拡大図である。

[図4]図４は、図３に示すＦ４－Ｆ４線に沿った逆導通ＩＧＢＴの概略断面図である。

[図5]図５は、逆導通ＩＧＢＴの例示的な製造工程を示す概略断面図である。

[図6]図６は、図５に示す工程に続く製造工程を示す概略断面図である。

[図7]図７は、図６に示す工程に続く製造工程を示す概略断面図である。

[図8]図８は、図７に示す工程に続く製造工程を示す概略断面図である。

[図9]図９は、図８に示す工程に続く製造工程を示す概略断面図である。

[図10]図１０は、図９に示す工程に続く製造工程を示す概略断面図である。

[図11]図１１は、図１０に示す工程に続く製造工程を示す概略断面図である。

[図12]図１２は、図１１に示す工程に続く製造工程を示す概略断面図である。

[図13]図１３は、図１２に示す工程に続く製造工程を示す概略断面図である。

[図14]図１４は、図１３に示す工程に続く製造工程を示す概略断面図である。

[図15]図１５は、図１４に示す工程に続く製造工程を示す概略断面図である。

[図16]図１６は、図１５に示す工程に続く製造工程を示す概略断面図である。

[図17]図１７は、図１６に示す工程に続く製造工程を示す概略断面図である。

[図18]図１８は、コンタクト孔の寸法とコンタクト領域の不純物濃度との関係を示すグラフである。

[図19]図１９は、変更例に係る例示的な逆導通ＩＧＢＴの概略平面図である。

[図20]図２０は、変更例に係る例示的な逆導通ＩＧＢＴの概略断面図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、添付図面を参照して本開示の逆導通ＩＧＢＴのいくつかの実施形態を説明する。なお、説明を簡単かつ明確にするために、図面に示される構成要素は必ずしも一定の縮尺で描かれていない。また、理解を容易にするために、断面図では、ハッチング線が省略されている場合がある。添付の図面は、本開示の実施形態を例示するに過ぎず、本開示を制限するものとみなされるべきではない。

[0010] 以下の詳細な記載は、本開示の例示的な実施形態を具体化する装置、シス

テム、および方法を含む。この詳細な記載は本来説明のためのものに過ぎず、本開示の実施形態またはこのような実施形態の適用および使用を限定することを意図しない。

[0011] ［逆導通ＩＢＧＴの平面レイアウト］

図１は、一実施形態に係る例示的な逆導通ＩＢＧＴ１０の概略平面図である。逆導通ＩＧＢＴ１０は、ＩＧＢＴ（Insulated Gate Bipolar Transistor）１２Ａが形成されたＩＧＢＴ領域１２と、ダイオード１４Ａが形成されたダイオード領域１４とを含んでいる。ダイオード１４Ａは、ＩＧＢＴ１２Ａに逆並列に接続された還流ダイオードであってよい。ＩＧＢＴ１２Ａとダイオード１４Ａとは、同じチップに搭載されている。

[0012] 図１に示すように、逆導通ＩＢＧＴ１０は、半導体基板１６を含む。一例では、半導体基板１６は、シリコン（Ｓｉ）基板であってよい。なお、図１に示される互いに直交するＸＹＺ軸のＺ軸方向は、半導体基板１６の第１面１６Ａ（図４参照）と直交する方向である。本明細書において使用される「平面視」という用語は、明示的に別段の記載がない限り、Ｚ軸方向に沿って上方から逆導通ＩＧＢＴ１０を視ることをいう。半導体基板１６の厚さは、半導体基板１６のＺ軸方向の寸法に相当する。一例では、半導体基板１６は、５０μｍ以上４００μｍ以下の厚さを有し得る。半導体基板１６は、平面視で矩形状の形状を有していてよい。

[0013] 逆導通ＩＧＢＴは、半導体基板１６上に形成された絶縁層１８と、絶縁層１８上に形成された第１電極２０と、絶縁層１８上に形成されたパッド電極２２とをさらに含んでいてよい。第１電極２０は、少なくともＩＧＢＴ領域１２およびダイオード領域１４と重なるように配置することができる。

[0014] 絶縁層１８は、酸化シリコン（SiO_2）、窒化シリコン（ＳｉＮ）、酸窒化シリコン（ＳｉＯＮ）、および酸化アルミニウム（Al_2O_3）のうちの少なくとも１つを含んでいてよい。絶縁層１８は、単一の絶縁層から構成されていてもよいし、あるいは複数の異なる絶縁層を含んでいてもよい。

[0015] 第１電極２０は、アルミニウム（Ａｌ）、銅（Ｃｕ）、アルミニウム合金

、銅合金、タングステン（W）、モリブデン（Ｍｏ）、ニッケル（Ｎｉ）、チタン（Ｔｉ）、窒化チタン（ＴｉＮ）、タンタル（Ｔａ）、窒化タンタル（ＴａＮ）のうちの少なくとも１つを含んでいてよい。第１電極２０は、単一の金属層から構成されていてもよいし、あるいは複数の異なる金属層を含んでいてもよい。一例では、第１電極２０は、３μｍ以上６μｍ以下の厚さを有していてよい。

[0016] パッド電極２２は、アルミニウム（ＡｌＩ）、銅（Ｃｕ）、アルミニウム合金、銅合金、タングステン（W）、モリブデン（Ｍｏ）、ニッケル（Ｎｉ）、チタン（Ｔｉ）、窒化チタン（ＴｉＮ）、タンタル（Ｔａ）、窒化タンタル（ＴａＮ）のうちの少なくとも１つを含んでいてよい。パッド電極２２は、単一の金属層から構成されていてもよいし、あるいは複数の異なる金属層を含んでいてもよい。一例では、パッド電極２２は、３μｍ以上６μｍ以下の厚さを有していてよい。

[0017] 逆導通ＩＧＢＴ１０は、パッド電極２２に電気的に接続されたゲート配線２４をさらに含んでいてよい。ゲート配線２４は、半導体基板１６の上方かつ第１電極２０の下方に位置し得る。ゲート配線２４は、絶縁層１８によって、半導体基板１６および第１電極２０から絶縁されていてよい。

[0018] ゲート配線２４は、導電性のポリシリコンから形成されていてよい。別の例では、ゲート配線２４は、他の金属材料から形成されていてもよい。

ゲート配線２４は、複数のゲートフィンガー２６を含んでいてよい。図１の例では、ゲート配線２４は、各々がＸ軸方向に延びる５つのゲートフィンガー２６を含んでいる。ゲートフィンガー２６の数は、逆導通ＩＧＢＴの所望の特性に応じて適宜定めることができる。

[0019] 図２は、図１に示す逆導通ＩＧＢＴ１０のＩＧＢＴ領域１２およびダイオード領域１４のレイアウトを示す概略平面図である。一例では、逆導通ＩＧＢＴ１０は、複数のＩＧＢＴ領域１２と、複数のダイオード領域１４とを含んでいてよい。複数のＩＧＢＴ領域１２と複数のダイオード領域１４とは、平面視で互いに重なり合うことなく、アレイ状に配置することができる。各

ＩＧＢＴ領域１２および各ダイオード領域１４は、平面視で矩形状であってよい。図２に示すように、複数のＩＧＢＴ領域１２は、Ｘ軸方向およびＹ軸方向に間隔を空けて配列され得る。同様に、複数のダイオード領域１４は、Ｘ軸方向およびＹ軸方向に間隔を空けて配列され得る。なお、本開示において、Ｘ軸方向およびＹ軸方向を、それぞれ「第１方向」および「第２方向」とも呼ぶ。

[0020] 各ＩＧＢＴ領域１２は、複数のダイオード領域１４のうちのいくつかと近接して配置されていてよい。一例では、複数のＩＧＢＴ領域１２のうちのいくつかは、複数のダイオード領域１４のうちのいくつかとＸ軸方向に交互に配置され得る。図１の例では、４つのＩＧＢＴ領域１２と、３つのダイオード領域１４とが、Ｘ軸方向に交互に配置されている。このような交互に配置されたＩＧＢＴ領域１２およびダイオード領域１４を含むサブ領域２８が、前述のゲートフィンガー２６（図１参照）に近接して配置されていてよい。逆導通ＩＧＢＴ１０は、相互に間隔を空けて配置された複数のサブ領域２８を含んでいてよい。図２の例では、複数のサブ領域２８は、Ｙ軸方向に間隔を空けて配置されている。サブ領域２８に含まれるＩＧＢＴ領域１２およびダイオード領域１４の数、大きさ、および形状は、逆導通ＩＧＢＴの所望の特性に応じて適宜定めることができる。

[0021] なお、簡略化のために図１および図２には示していないが、互いに隣り合うＩＧＢＴ領域１２とダイオード領域１４との間に境界領域３０を設けることができる。境界領域３０については、図３および図４を参照して後述する。

[0022] 図１および図２に示す逆導通ＩＧＢＴ１０のレイアウトは一例であり、所望の特性に応じて異なるレイアウトが採用され得ることが理解されるべきである。例えば、ＩＧＢＴ領域１２の数、ダイオード領域１４の数、および／またはサブ領域２８の数は、図２に示す例よりも多くてもよいし、少なくてもよい。また、ＩＧＢＴ領域１２およびダイオード領域１４の形状は、平面視で必ずしも矩形状でなくてもよい。ＩＧＢＴ領域１２およびダイオード領

域１４は、逆導通ＩＧＢＴ１０の所望のレイアウトに応じて平面視で任意の形状を有し得る。

[0023] 図３は、図２に示す逆導通ＩＧＢＴ１０の領域Ｆ３の拡大図である（後述の図４に示すＦ３－Ｆ３線に沿った断面に相当する）。図３には、互いに近接して配置されたＩＧＢＴ領域１２とダイオード領域１４とが示されている。図３に示すように、逆導通ＩＧＢＴ１０は、ＩＧＢＴ領域１２とダイオード領域１４との間に位置する境界領域３０をさらに含んでいてよい。境界領域３０は、ＩＧＢＴ領域１２およびダイオード領域１４のいずれにも属さない領域である。図４を参照して後述するように、ＩＧＢＴ領域１２、ダイオード領域１４、および境界領域３０は、それぞれ異なる構造を有している。図３の例では、ＩＧＢＴ領域１２、境界領域３０、およびダイオード領域１４は、Ｘ軸方向に並んで配置されている。

[0024] 図３に示すように、逆導通ＩＧＢＴ１０は、半導体基板１６に形成された複数のトレンチ３２を含んでいる。図３の例では、各々がＹ軸方向に延びる複数のトレンチ３２が、ＩＧＢＴ領域１２、境界領域３０、およびダイオード領域１４にわたってＸ軸方向に配列されている。本実施形態では、複数のトレンチ３２のＸ軸方向におけるピッチ$Ｐ_{Ｔ}$は一定であってよい。また、各トレンチ３２のＸ軸方向の寸法$Ｄ_{Ｔ}$は、ＩＧＢＴ領域１２、境界領域３０、およびダイオード領域１４のいずれにおいても同じであってよい。一例では、各トレンチ３２のＸ軸方向の寸法$Ｄ_{Ｔ}$は、０．５μｍ以上３μｍ以下であってよい。

[0025] 逆導通ＩＧＢＴ１０は、各トレンチ３２内に配置された埋め込み電極３６をさらに含んでいてよい。複数のトレンチ３２の各々は、第１絶縁層３４を介して埋め込み電極３６により充填されている。複数の埋め込み電極３６の各々は、ゲート配線２４または第１電極２０に電気的に接続することができる。埋め込み電極３６は、導電性のポリシリコンから形成されていてよい。第１絶縁層３４は、図１に示す絶縁層１８の一部であってよい。

[0026] 逆導通ＩＧＢＴ１０は、複数のコンタクト孔３８にそれぞれ埋め込まれた

複数のコンタクトプラグ４０をさらに含む。各コンタクトプラグ４０は、第１金属部４２および第２金属部４４を含んでいてよい。各コンタクト孔３８は、各コンタクト孔３８の側壁および底壁に沿って延びる第１金属部４２と、第１金属部４２に隣接して設けられた第２金属部４４とによって充填されていてよい。

[0027] 第１金属部４２は、チタン（Ｔｉ）、窒化チタン（ＴｉＮ）、タンタル（Ｔａ）、および窒化タンタル（ＴａＮ）のうちの少なくとも１つを含んでいてよい。また、第２金属部４４は、タングステン（Ｗ）、モリブデン（Ｍｏ）、ニッケル（Ｎｉ）、アルミニウム（Ａｌ）、銅（Ｃｕ）、アルミニウム合金、および銅合金のうちの少なくとも１つを含んでいてよい。

[0028] 複数のコンタクト孔３８の各々は、複数のトレンチ３２のうち、Ｘ軸方向に互に隣り合う２つのトレンチ３２の間に配置されていてよい。複数のコンタクト孔３８は、ＩＧＢＴ領域１２に設けられた第１コンタクト孔４６と、ダイオード領域１４に設けられた第２コンタクト孔４８とを含んでいる。第１コンタクト孔４６のＸ軸方向の寸法$Ｄ_1$は、第２コンタクト孔４８のＸ軸方向の寸法$Ｄ_2$よりも大きい。一例では、第１コンタクト孔４６のＸ軸方向の寸法$Ｄ_1$は、第２コンタクト孔４８のＸ軸方向の寸法$Ｄ_2$の少なくとも１．２倍であってよい。

[0029] 複数のコンタクト孔３８は、境界領域３０に設けられた第３コンタクト孔５０をさらに含んでいてもよい。第３コンタクト孔５０のＸ軸方向の寸法$Ｄ_3$は、第２コンタクト孔４８のＸ軸方向の寸法$Ｄ_2$と同じであってもよい。別の例では、第３コンタクト孔５０のＸ軸方向の寸法$Ｄ_3$は、第１コンタクト孔４６のＸ軸方向の寸法$Ｄ_1$と同じであってもよい。さらに別の例では、第３コンタクト孔５０の寸法$Ｄ_3$は、第２コンタクト孔４８の寸法$Ｄ_2$と、第３コンタクト孔５０の寸法$Ｄ_3$との間であってもよい。

[0030] ［逆導通ＩＢＧＴの断面構造］

図４は、図３に示すＦ４－Ｆ４線に沿った逆導通ＩＧＢＴ１０の概略断面図である。図４に示すように、半導体基板１６は、第１面１６Ａおよび第１

面１６Ａと反対側の第２面１６Ｂを有している。

[0031] 図４に示すように、複数のトレンチ３２が、半導体基板１６に形成されている。複数のトレンチ３２の各々は、半導体基板１６の第１面１６Ａに開口を有している。半導体基板１６は、ｎ型の第１領域５２と、第１領域５２上に形成されたｐ型の第２領域５４とを含む。第１領域５２および第２領域５４は、ＩＧＢＴ領域１２、境界領域３０、およびダイオード領域１４にわたって広がっていてよい。複数のトレンチ３２の各々は、第２領域５４を貫通して第１領域５２に達している。一例では、各トレンチ３２は、１μｍ以上１０μｍ以下の深さを有していてよい。各トレンチ３２の側壁３２Ａは、Ｚ軸方向に延びていてよく、あるいは、Ｚ軸方向に対して傾斜していてもよい。各トレンチ３２の底壁３２Ｂは、第１領域５２に隣接している。なお、本開示において、ｎ型を第１導電型、ｐ型を第２導電型とも呼ぶ。ｎ型不純物は、例えば、リン（Ｐ）、ヒ素（Ａｓ）などであってよい。また、ｐ型不純物は、例えば、ホウ素（Ｂ）、アルミニウム（ＡＩ）などであってよい。

[0032] ［ＩＧＢＴ領域およびダイオード領域］

ＩＧＢＴ領域１２において、半導体基板１６は、第２領域５４に隣接するｎ型のエミッタ領域５６をさらに含んでいてよい。エミッタ領域５６は、半導体基板１６の第１面１６Ａの一部を含む。すなわち、ＩＧＢＴ領域１２において、エミッタ領域５６が、半導体基板１６の第１面１６Ａ寄りの表層部に位置している。一例では、エミッタ領域５６のｎ型不純物濃度は、１×１０^{19}ｃｍ$^{-3}$以上１×１０^{20}ｃｍ$^{-3}$以下であってよい。

[0033] 第２領域５４は、ＩＧＢＴ領域１２に位置するベース領域５８と、ダイオード領域１４に位置するアノード領域６０とを含んでいてよい。ベース領域５８は、エミッタ領域５６に隣接している。一方、アノード領域６０は、半導体基板１６の第１面１６Ａの一部を含む。すなわち、ダイオード領域１４において、アノード領域６０が、半導体基板１６の第１面１６Ａ寄りの表層部に位置している。また、ベース領域５８およびアノード領域６０は、第１領域５２に隣接している。一例では、ベース領域５８およびアノード領域６

０のｐ型不純物濃度は、１×１０^{15}ｃｍ$^{-3}$以上１×１０^{18}ｃｍ$^{-3}$以下であってよい。ベース領域５８のｐ型不純物濃度は、アノード領域６０のｐ型不純物濃度と同じであってもよく、あるいは、異なっていてもよい。

[0034] ＩＧＢＴ領域１２において、半導体基板１６は、第１領域５２に隣接するｐ型のコレクタ領域６２をさらに含んでいてよい。コレクタ領域６２は、半導体基板１６の第２面１６Ｂの一部を含む。すなわち、ＩＧＢＴ領域１２においては、コレクタ領域６２が、半導体基板１６の第２面１６Ｂ寄りの表層部に位置している。一例では、コレクタ領域６２のｐ型不純物濃度は、１×１０^{15}ｃｍ$^{-3}$以上１×１０^{18}ｃｍ$^{-3}$以下であってもよい。

[0035] 一方、ダイオード領域１４において、半導体基板１６は、第１領域５２に隣接するｎ型のカソード領域６４をさらに含んでいてよい。カソード領域６４は、半導体基板１６の第２面１６Ｂの一部を含む。すなわち、ダイオード領域１４においては、カソード領域６４が、半導体基板１６の第２面１６Ｂ寄りの表層部に位置している。一例では、カソード領域６４のｎ型不純物濃度は、１×１０^{19}ｃｍ$^{-3}$以上１×１０^{20}ｃｍ$^{-3}$以下であってよい。

[0036] 第１領域５２は、コレクタ領域６２およびカソード領域６４に隣接するバッファ領域６６と、バッファ領域６６上に形成されたドリフト領域６８とを含んでいてよい。一例では、バッファ領域６６のｎ型不純物濃度は、１×１０^{15}ｃｍ$^{-3}$以上１×１０^{17}ｃｍ$^{-3}$以下であってよい。また、一例では、ドリフト領域６８のｎ型不純物濃度は、１×１０^{13}ｃｍ$^{-3}$以上１×１０^{15}ｃｍ$^{-3}$以下であってよい。ドリフト領域６８は、バッファ領域６６よりも低いｎ型不純物濃度を有している。

[0037] さらに、ＩＧＢＴ領域１２においては、第１領域５２は、ドリフト領域６８よりも高いｎ型不純物濃度を有するキャリアストレージ領域７０を含んでいてよい。キャリアストレージ領域７０は、ベース領域５８とドリフト領域６８との間に位置している。キャリアストレージ領域７０とドリフト領域６８との間の界面は、Ｚ軸方向において、トレンチ３２の底壁３２Ｂよりも上方に位置していてよい。キャリアストレージ領域７０は、ＩＧＢＴ領域１２

において、相互に隣り合う２つのトレンチ３２の間に広がっている。一例では、キャリアストレージ領域７０のｎ型不純物濃度は、１×１０^{15}ｃｍ$^{-3}$以上１×１０^{17}ｃｍ$^{-3}$以下であってよい。好ましくは、キャリアストレージ領域７０のｎ型不純物濃度は、エミッタ領域５６よりも低い。

[0038] キャリアストレージ領域７０を設けることにより、ベース領域５８へのキャリア（正孔）の排出が抑制され、トレンチ３２の直下の領域におけるキャリア（正孔）の蓄積を促すことができる。したがって、キャリアストレージ領域７０は、ＩＧＢＴ１２Ａのオン抵抗およびオン電圧を低減することを可能にし得る。

[0039] 半導体基板１６の第１面１６Ａ上には、絶縁層１８が形成されている。絶縁層１８は、第１絶縁層３４と、第１絶縁層３４上に形成された第２絶縁層７２とを含む。図３を参照して前述したように、複数のトレンチ３２の各々は、第１絶縁層３４を介して埋め込み電極３６により充填されている。第１絶縁層３４は、トレンチ３２の側壁３２Ａおよび底壁３２Ｂを覆っている。第２絶縁層７２は、第１絶縁層３４上に形成されるとともに、トレンチ３２内の埋め込み電極３６の上面を覆っている。

[0040] 複数のコンタクト孔３８の各々は、絶縁層１８を貫通して、複数のトレンチ３２のうち、Ｘ軸方向に互いに隣り合う２つのトレンチ３２の間において半導体基板１６を露出させている。ＩＧＢＴ領域１２に位置するコンタクト孔３８は、第２領域５４まで達するようにエミッタ領域５６を貫通していてよい。

[0041] 複数のコンタクト孔３８にそれぞれ埋め込まれた複数のコンタクトプラグ４０は、第２領域５４に電気的に接続されている。第２領域５４は、複数のコンタクト孔３８によりそれぞれ露出されるｐ型の複数のコンタクト領域７４を含んでいてよい。各コンタクト領域７４は、対応するコンタクトプラグ４０の底部に沿って形成されている。コンタクト領域７４は、Ｚ軸方向において、第２領域５４と第１領域５２との間の界面よりも上方に位置している。コンタクト領域７４は、ＩＧＢＴ領域１２においては、ベース領域５８に

隣接し、一方、ダイオード領域１４においては、アノード領域６０に隣接している。一例では、複数のコンタクト領域７４のｐ型不純物濃度は、１×１０^{19}ｃｍ$^{-3}$以上１×１０^{20}ｃｍ$^{-3}$以下であってよい。複数のコンタクトプラグ４０の上面は、絶縁層１８上に形成された第１電極２０により被覆されている。複数のコンタクトプラグ４０は、第１電極２０に電気的に接続されている。

[0042] コンタクト孔３８は、ＩＧＢＴ領域１２とダイオード領域１４とで異なる寸法を有するように形成されている。具体的には、複数のコンタクト孔３８のうち、ＩＧＢＴ領域１２に設けられた第１コンタクト孔４６は、ダイオード領域１４に設けられた第２コンタクト孔４８よりもＸ軸方向に大きな寸法を有している。

[0043] 第１コンタクト孔４６は、絶縁層１８を貫通する上部４６Ａと、半導体基板１６を露出させる底部４６Ｂとを含んでいてよい。同様に、第２コンタクト孔４８は、絶縁層１８を貫通する上部４８Ａと、半導体基板１６を露出させる底部４８Ｂとを含んでいてよい。一例では、第１コンタクト孔４６のＸ軸方向の寸法$Ｄ_1$は、第１コンタクト孔４６の半導体基板１６を露出させる底部４６Ｂの寸法であり、第２コンタクト孔４８のＸ軸方向の寸法$Ｄ_2$は、第２コンタクト孔４８の半導体基板１６を露出させる底部４８Ｂにおける寸法であってよい。例えば、図４に示すように、第１コンタクト孔４６のＸ軸方向の寸法$Ｄ_1$は、半導体基板１６の第１面１６Ａの位置における第１コンタクト孔４６の寸法であり、第２コンタクト孔４８のＸ軸方向の寸法$Ｄ_2$は、半導体基板１６の第１面１６Ａの位置における第２コンタクト孔４８の寸法であってよい。別の例では、第１コンタクト孔４６のＸ軸方向の寸法$Ｄ_1$は、半導体基板１６の第１面１６Ａよりも低い位置における第１コンタクト孔４６の寸法であり、第２コンタクト孔４８のＸ軸方向の寸法$Ｄ_2$は、半導体基板１６の第１面１６Ａの位置における第２コンタクト孔４８の寸法であってもよい。

[0044] コンタクト領域７４は、第１コンタクト孔４６により露出される第１ドープ領域７６と、第２コンタクト孔４８により露出される第２ドープ領域７８

とを含む。すなわち、第２領域５４は、第１ドープ領域７６および第２ドープ領域７８を含んでいる。

[0045] 第１ドープ領域７６は、第１コンタクト孔４６に配置されたコンタクトプラグ４０の底部に沿って形成されていてよい。第１ドープ領域７６は、コンタクトプラグ４０の底部とベース領域５８との間に位置し得る。ベース領域５８は、第１ドープ領域７６に隣接している。第１ドープ領域７６は、ベース領域５８よりもｐ型不純物の濃度が高い領域である。第１電極２０は、第１コンタクト孔４６に埋め込まれたコンタクトプラグ４０を介して第１ドープ領域７６に電気的に接続されていてよい。

[0046] 第２ドープ領域７８は、第２コンタクト孔４８に配置されたコンタクトプラグ４０の底部に沿って形成されていてよい。第２ドープ領域７８は、コンタクトプラグ４０の底部とアノード領域６０との間に位置し得る。アノード領域６０は、第２ドープ領域７８に隣接している。第２ドープ領域７８は、アノード領域６０よりもｐ型不純物の濃度が高い領域である。第１電極２０は、第２コンタクト孔４８に埋め込まれたコンタクトプラグ４０を介して第２ドープ領域７８に電気的に接続されていてよい。

[0047] 前述のように、ＩＧＢＴ領域１２に設けられた第１コンタクト孔４６は、ダイオード領域１４に設けられた第２コンタクト孔４８よりもＸ軸方向に大きな寸法を有している。一例では、第１コンタクト孔４６のＸ軸方向の寸法$Ｄ_1$は、第２コンタクト孔４８のＸ軸方向の寸法$Ｄ_2$の少なくとも１．２倍であってよい。第１コンタクト孔４６と第２コンタクト孔４８との寸法の相違により、第１ドープ領域７６のｐ型不純物濃度を、第２ドープ領域７８のｐ型不純物濃度よりも高くすることができる。また、第１ドープ領域７６は、第２ドープ領域７８よりもＸ軸方向および／またはＺ軸方向に広く形成され得る。ｐ型不純物濃度の差により、第１ドープ領域７６のｐ型のキャリア濃度は、第２ドープ領域７８のｐ型のキャリア濃度よりも高くなる。一例では、第１ドープ領域７６のｐ型のキャリア濃度は、第２ドープ領域７８のｐ型のキャリア濃度よりも少なくとも５％高くてよい。別の例では、第１ドープ

領域７６のｐ型のキャリア濃度は、第２ドープ領域７８のｐ型のキャリア濃度よりも少なくとも１０％高くてもよい。さらに別の例では、第１ドープ領域７６のｐ型のキャリア濃度は、第２ドープ領域７８のｐ型のキャリア濃度よりも少なくとも１５％高くてもよい。

[0048] なお、寸法D_1と寸法D_2の所望の比率は、プロセス条件を考慮しつつ、第１ドープ領域７６のキャリア濃度を第２ドープ領域７８のキャリア濃度よりも高くできるように適宜定めることができる。例えば、寸法D_1と寸法D_2の比率は、コンタクト領域７４を形成する際のイオン注入の条件に依存し得る。寸法D_1と寸法D_2の比率は、所定のイオン注入条件のもと、第１ドープ領域７６のキャリア濃度を、第２ドープ領域７８のキャリア濃度よりも高くできるように定めることができる。追加的または代替的に、寸法D_1と寸法D_2の比率は、特定の用途の必要性を満たすように適宜定めることができる。例えば、第１ドープ領域７６と第２ドープ領域７８との間のｐ型キャリア濃度差を比較的大きくするために、ある例においては、第１コンタクト孔４６のＸ軸方向の寸法D_1を、第２コンタクト孔４８のＸ軸方向の寸法D_2の少なくとも１．５倍としてもよい。

[0049] 一例では、第１ドープ領域７６のｐ型のキャリア濃度が第２ドープ領域７８のｐ型のキャリア濃度よりも高いことは、第１ドープ領域７６のｐ型のキャリア濃度のピーク値が、第２ドープ領域７８のｐ型のキャリア濃度のピーク値よりも高いことを意味してもよい。別の例では、第１ドープ領域７６のｐ型のキャリア濃度が第２ドープ領域７８のｐ型のキャリア濃度よりも高いことは、半導体基板１６の第１面１６Ａから同じ距離で比較した場合において、第１ドープ領域７６のｐ型のキャリア濃度が第２ドープ領域７８のｐ型のキャリア濃度よりも高いことを意味してもよい。半導体基板１６中のキャリア濃度分布は、例えば、走査型静電容量顕微鏡法（Scanning Capacitance Microscopy，ＳＣＭ）により測定することが可能である。

[0050] 逆導通ＩＧＢＴ１０は、半導体基板１６の第２面１６Ｂに形成された第２電極８０をさらに含んでいてよい。第２電極８０は、ＩＧＢＴ領域１２にお

いては、コレクタ領域６２に隣接している。第２電極８０は、コレクタ領域６２に電気的に接続されている。第２電極８０は、コレクタ領域６２とオーミック接触を形成している。第２電極８０は、ダイオード領域１４においては、カソード領域６４に隣接している。第２電極８０は、カソード領域６４に電気的に接続されている。第２電極８０は、カソード領域６４とオーミック接触を形成している。第２電極８０は、チタン（Ｔｉ）、ニッケル（Ｎｉ）、パラジウム（Ｐｄ）、金（Ａｕ）、銀（Ａｇ）、およびアルミニウム（Ａｌ）のうちの少なくとも１つを含んでいてよい。

[0051] 上記に説明した第１電極２０と第２電極８０との間の構造により、ＩＧＢＴ領域１２にＩＧＢＴ１２Ａを構成し、ダイオード領域１４にダイオード１４Ａを構成することができる。

[0052] ［境界領域］

上述のＩＧＢＴ領域１２とダイオード領域１４との間には、境界領域３０が位置していてよい。図４に示す例においては、境界領域３０に位置する第１領域５２は、バッファ領域６６およびドリフト領域６８を含む。また、境界領域３０に位置する第２領域５４は、半導体基板１６の第１面１６Ａ寄りの表層部に位置する境界ウェル領域８２を含む。加えて、境界領域３０においては、コレクタ領域６２が、半導体基板１６の第２面１６Ｂ寄りの表層部に位置している。境界領域３０に設けられた第３コンタクト孔５０は、Ｘ軸方向において、第２コンタクト孔４８と略同じ寸法を有していてよい。

[0053] 図４に示す境界領域３０の構造は一例であり、境界領域３０は異なる構造を有していてもよい。例えば、境界領域３０において、カソード領域６４が、半導体基板１６の第２面１６Ｂ寄りの表層部に部分的に位置していてもよい。また、第３コンタクト孔５０のＸ軸方向の寸法D_3は、第２コンタクト孔４８のＸ軸方向の寸法D_2と異なっていてもよい。例えば、第３コンタクト孔５０のＸ軸方向の寸法D_3は、第１コンタクト孔４６のＸ軸方向の寸法D_1と同じであってもよい。あるいは、第３コンタクト孔５０のＸ軸方向の寸法D_3は、第２コンタクト孔４８の寸法D_2と第１コンタクト孔４６の寸法D_1との

間でであってもよい。

[0054] さらに、図４に示す例においては、境界領域３０は、Ｘ軸方向において、ピッチP_T分の広さを有しているが、境界領域３０はＸ軸方向にさらに広くてもよい。別の例では、逆導通ＩＧＢＴ１０は、境界領域３０を含んでいなくてもよい。その場合、ＩＧＢＴ領域１２とダイオード領域１４とが隣接して設けられ得る。

[0055] ［逆導通ＩＧＢＴの製造方法］

次に、逆導通ＩＧＢＴ１０の製造方法の一例を説明する。図５～図１７は、逆導通ＩＧＢＴ１０の例示的な製造工程を示す概略断面図である。なお、理解を容易にするために、図５～図１７では、図４の構成要素と同様な構成要素には同一の符号が付されている。

[0056] 図５に示すように、半導体基板１６のベースとなるウェハ１００が提供される。ウェハ１００は、ｎ型の単結晶シリコン基板であってよい。一例では、ウェハ１００のｎ型不純物濃度は、$1\times10^{13}cm^{-3}$以上$1\times10^{15}cm^{-3}$以下であってよい。ウェハ１００は、第１面１００Ａおよび第１面１００Ａと反対側の第２面１００Ｂを有している。ウェハ１００には、以下に説明する工程により、複数のＩＧＢＴ領域１２、複数の境界領域３０、および複数のダイオード領域１４が形成される。図５には、ＩＧＢＴ領域１２と、ダイオード領域１４と、それらの間に位置する境界領域３０とが最終的に形成されるウェハ１００の一部分が示されている。

[0057] 図６は、図５に示す工程に続く製造工程を示す概略断面図である。図６に示すように、ウェハ１００の第１面１００Ａに複数のトレンチ３２が形成される。この工程では、複数のトレンチ３２を形成すべき領域を露出させ、それら以外の領域を被覆するマスク（図示略）が第１面１００Ａ上に形成される。次いで、エッチング（例えば、ドライエッチング、ウェットエッチングなど）が、当該マスク（例えば、ハードマスク、レジストマスクなど）を用いて行われて、複数のトレンチ３２が形成されるように、ウェハ１００が選択的に除去される。複数のトレンチ３２が形成された後、マスクは除去され

る。図６の例では、複数のトレンチ３２は、一定のピッチP_TでＸ軸方向に整列されている。各トレンチ３２のＸ軸方向の寸法D_Tは、ＩＧＢＴ領域１２、境界領域３０、およびダイオード領域１４のいずれにおいても同じであってよい。各トレンチ３２の側壁３２Ａは、Ｚ軸方向に延びていてよく、あるいは、Ｚ軸方向に対して傾斜していてもよい。各トレンチ３２の底壁３２Ｂは、湾曲していてよく、あるいは平坦な部分を含んでいてもよい。

[0058] 図７は、図６に示す工程に続く製造工程を示す概略断面図である。図７に示すように、第１絶縁層３４が、ウェハ１００の第１面１００Ａ上に形成される。第１絶縁層３４は、複数のトレンチ３２内にも形成される。第１絶縁層３４は、トレンチ３２を完全に埋設することなく、トレンチ３２の側壁３２Ａおよび底壁３２Ｂに沿って形成される。第１絶縁層３４は、例えば、化学気相成長法（Chemical Vapor Deposition, ＣＶＤ）法、酸化処理法（例えば熱酸化法）などによって形成することができる。第１絶縁層３４は、酸化シリコン（SiO_2）、窒化シリコン（ＳｉＮ）、酸窒化シリコン（ＳｉＯＮ）、および酸化アルミニウム（Al_2O_3）のうちの少なくとも１つを含んでいてよい。

[0059] 図８は、図７に示す工程に続く製造工程を示す概略断面図である。図８に示すように、第１金属層１０２が第１絶縁層３４上に形成される。第１金属層１０２は、埋め込み電極３６（図４参照）となる金属層である。第１金属層１０２は、第１絶縁層３４を介して複数のトレンチ３２に埋め込まれる。第１金属層１０２は、導電性のポリシリコンを含んでいてよい。第１金属層１０２は、ＣＶＤ法によって形成されてよい。

[0060] 図９は、図８に示す工程に続く製造工程を示す概略断面図である。図９に示すように、第１金属層１０２の一部が除去される。第１金属層１０２は、少なくともウェハ１００の第１面１００Ａの所定の部分が露出されるまで除去される。この結果、第１金属層１０２の上面は、Ｚ軸方向において、ウェハ１００の第１面１００Ａと同じか、第１面１００Ａよりも下方に位置し得る。これにより、トレンチ３２内に埋め込み電極３６が形成される。

[0061] 図１０は、図９に示す工程に続く製造工程を示す概略断面図である。図１０に示すように、ＩＧＢＴ領域１２において、ウェハ１００の第１面１００Ａに近い方から順に、ｎ型のエミッタ領域５６、ｐ型のベース領域５８、およびｎ型のキャリアストレージ領域７０が形成される。また、ダイオード領域１４において、ｐ型のアノード領域６０が形成されるとともに、境界領域３０において、ｐ型の境界ウェル領域８２が形成される。アノード領域６０および境界ウェル領域８２は、ウェハ１００の第１面１００Ａ寄りの表層部に形成される。これらの不純物領域の形成の順序は任意である。これらの不純物領域は、所定のパターンを有するマスク（図示略）を介するｎ型不純物またはｐ型不純物の注入によって形成される。ウェハ１００のうち、ｎ型不純物またはｐ型不純物が注入されなかった部分は、ドリフト領域６８を含んでいてよい。

[0062] 図１１は、図１０に示す工程に続く製造工程を示す概略断面図である。図１１に示すように、第２絶縁層７２が、第１絶縁層３４上に形成される。第２絶縁層７２は、トレンチ３２内の埋め込み電極３６の上面も覆うように形成される。一例では、第２絶縁層７２は、ＣＶＤ法によって形成されてよい。第２絶縁層７２は、酸化シリコン（SiO_2）、窒化シリコン（ＳｉＮ）、酸窒化シリコン（ＳｉＯＮ）、および酸化アルミニウム（Al_2O_3）のうちの少なくとも１つを含んでいてよい。図１に示した絶縁層１８は、第１絶縁層３４および第２絶縁層７２を含んでいてよい。

[0063] 図１２は、図１１に示す工程に続く製造工程を示す概略断面図である。図１２に示すように、複数のコンタクト孔３８を形成すべき領域を露出させ、それら以外の領域を被覆するマスク１０４が第２絶縁層７２上に形成される。次いで、エッチング（例えば、ドライエッチング、ウェットエッチングなど）が、マスク１０４（例えば、レジストマスク、ハードマスクなど）を用いて行われる。その結果、第２絶縁層７２、第１絶縁層３４、およびウェハ１００が選択的に除去されることにより、複数のコンタクト孔３８が形成される。コンタクト孔３８の形成は、複数のエッチング工程により行われても

よい。また、複数のエッチング工程間で必要に応じて異なるマスクが用いられてもよい。

[0064] 複数のコンタクト孔３８の各々は、第２絶縁層７２および第１絶縁層３４を貫通して、複数のトレンチ３２のうち、Ｘ軸方向に互いに隣り合う２つのトレンチ３２の間においてウェハ１００を露出させる。ＩＧＢＴ領域１２に位置するコンタクト孔３８（第１コンタクト孔４６）は、ベース領域５８まで達するようにエミッタ領域５６を貫通していてよい。ダイオード領域１４に位置するコンタクト孔３８（第２コンタクト孔４８）は、アノード領域６０まで達している。境界領域３０に位置するコンタクト孔３８（第３コンタクト孔５０）は、境界ウェル領域８２まで達している。

[0065] 第１コンタクト孔４６を形成するためのマスク１０４の第１開口１０４Ａは、第２コンタクト孔４８を形成するためのマスク１０４の第２開口１０４ＢよりもＸ軸方向において大きい寸法を有している。この結果、ＩＧＢＴ領域１２に位置する第１コンタクト孔４６のＸ軸方向の寸法$Ｄ_1$を、ダイオード領域１４に位置する第２コンタクト孔４８のＸ軸方向の寸法$Ｄ_2$よりも大きくすることができる。境界領域３０に位置する第３コンタクト孔５０のＸ軸方向の寸法$Ｄ_3$は、第２コンタクト孔４８のＸ軸方向の寸法$Ｄ_2$と同じであってもよいし、異なっていてもよい。

[0066] 図１３は、図１２に示す工程に続く製造工程を示す概略断面図である。図１３に示すように、ｐ型不純物をウェハ１００に注入するために、イオン注入が行われる。ｐ型不純物は、マスク１０４を用いてウェハ１００に注入される。この結果、ウェハ１００の、複数のコンタクト孔３８によって露出された部分にｐ型不純物が注入され、複数のコンタクト領域７４が同時に形成される。ここで、第１コンタクト孔４６のＸ軸方向の寸法$Ｄ_1$は、第２コンタクト孔４８のＸ軸方向の寸法$Ｄ_2$よりも大きい。同様に、第１コンタクト孔４６と連通するマスク１０４の第１開口１０４ＡのＸ軸方向の寸法も、第２コンタクト孔４８と連通するマスク１０４の第２開口１０４ＢのＸ軸方向の寸法よりも大きい。この結果、第１コンタクト孔４６により露出される第１ド

ープ領域７６に注入される不純物の濃度を、第２コンタクト孔４８により露出される第２ドープ領域７８に注入される不純物の濃度よりも高くすることができる。よって、一度のイオン注入で複数のコンタクト領域７４を同時に形成する場合に、第１コンタクト孔４６により露出される第１ドープ領域７６のｐ型のキャリア濃度を、第２コンタクト孔４８により露出される第２ドープ領域７８のｐ型のキャリア濃度よりも高くすることができる。複数のコンタクト領域７４が形成された後、マスク１０４は除去される。

[0067] 図１４は、図１３に示す工程に続く製造工程を示す概略断面図である。図１４に示すように、第２絶縁層７２上に第２金属層１０６が形成される。第２金属層１０６は、複数のコンタクト孔３８内にも形成される。第２金属層１０６は、コンタクト孔３８を完全に埋設することなく、コンタクト孔３８の側壁および底壁に沿って形成される。一例では、第２金属層１０６は、スパッタ法およびＣＶＤ法のうちの少なくとも一方によって形成されてよい。第２金属層１０６は、チタン（Ｔｉ）、窒化チタン（ＴｉＮ）、タンタル（Ｔａ）、および窒化タンタル（ＴａＮ）のうちの少なくとも１つを含んでいてよい。

[0068] 次いで、第３金属層１０８が第２金属層１０６上に形成される。第３金属層１０８は、第２金属層１０６を介して複数のコンタクト孔３８に埋め込まれる。第３金属層１０８は、タングステンを含んでいてよい。第３金属層１０８は、スパッタ法、ＣＶＤ法、およびめっき法のうちの少なくとも１つによって形成されてよい。また、第３金属層１０８は、タングステン（Ｗ）、モリブデン（Ｍｏ）、ニッケル（Ｎｉ）、アルミニウム（Ａｌ）、銅（Ｃｕ）、アルミニウム合金、および銅合金のうちの少なくとも１つを含んでいてよい。

[0069] 第２金属層１０６は、コンタクトプラグ４０の第１金属部４２（図４参照）となる金属層である。また、第３金属層１０８は、コンタクトプラグ４０の第２金属部４４（図４参照）となる金属層である。

[0070] 図１５は、図１４に示す工程に続く製造工程を示す概略断面図である。図

１５に示すように、第２金属層１０６および第３金属層１０８の一部が除去される。一例では、第２金属層１０６および第３金属層１０８は、エッチング（例えば、ドライエッチング、ウェットエッチングなど）により除去されてよい。第２金属層１０６および第３金属層１０８は、少なくとも第２絶縁層７２が露出されるまで除去される。この結果、複数のコンタクトプラグ４０が形成される。このように、逆導通ＩＧＢＴ１０の製造方法は、複数のコンタクト孔３８にそれぞれ埋め込まれた複数のコンタクトプラグ４０を形成することを含んでいてよい。

[0071] 図１６は、図１５に示す工程に続く製造工程を示す概略断面図である。図１６に示すように、絶縁層１８上に第１電極２０が形成される。絶縁層１８上に第１電極２０を形成することは、絶縁層１８上に１つまたは複数の金属層（図示略）を形成すること、当該１つまたは複数の金属層をパターニングすることを含んでいてよい。

[0072] 図１７は、図１６に示す工程に続く製造工程を示す概略断面図である。図１７に示すように、所定の厚さとなるまでウェハ１００が薄化される。ウェハ１００の薄化は、第２面１００Ｂに対する研削またはエッチングにより行われ得る。次いで、ｎ型のバッファ領域６６、ｐ型のコレクタ領域６２およびｎ型のカソード領域６４がウェハ１００の第２面１００Ｂ寄りの表層部に形成される。これらの不純物領域の形成の順序は任意である。バッファ領域６６は第２面１００Ｂを含むウェハ１００の表層部全域にｎ型不純物を注入することによって形成されてよい。コレクタ領域６２は第２面１００Ｂを含むウェハ１００の表層部全域にｐ型不純物を注入することによって形成されてよい。カソード領域６４は、所定のパターンを有するマスク（図示略）を介するｎ型不純物の注入によって形成されてよい。ｎ型の第１領域５２は、バッファ領域６６、ドリフト領域６８、およびキャリアストレージ領域７０を含んでいてよい。ｐ型の第２領域５４は、ベース領域５８およびアノード領域６０を含んでいてよい。

[0073] 図１７に示す工程の後、ウェハ１００の第２面１００Ｂ上に第２電極８０

が形成される。第２電極８０は、スパッタ法およびＣＶＤ法のうちの少なくとも一方によって形成することができる。次いで、ウェハ１００をダイシングすることにより、複数の逆導通ＩＧＢＴ１０（図１～図４参照）を形成することができる。

[0074] 以上説明したように、逆導通ＩＧＢＴ１０の製造方法は、ウェハ１００に複数のトレンチ３２を形成すること、ウェハ１００にｎ型の第１領域５２と、第１領域５２上に配置されたｐ型の第２領域５４とを形成すること、ウェハ１００の第１面１００Ａ上に絶縁層１８を形成すること、複数のコンタクト孔３８を形成すること、ウェハ１００にイオン注入を行うことを含んでいてよい。複数のコンタクト孔３８の各々は、絶縁層１８を貫通して、複数のトレンチ３２のうち、Ｘ軸方向に互いに隣り合う２つのトレンチの間においてウェハ１００を露出させる。複数のコンタクト孔３８は、ＩＧＢＴ領域１２に設けられた第１コンタクト孔４６と、ダイオード領域１４に設けられた第２コンタクト孔４８とを含み、第１コンタクト孔４６のＸ軸方向の寸法D_1は、第２コンタクト孔４８のＸ軸方向の寸法D_2よりも大きい。イオン注入を行うことは、第２領域５４に、第１コンタクト孔４６により露出された第１ドープ領域７６と、第２コンタクト孔４８により露出された第２ドープ領域７８とを同時に形成することを含む。第１ドープ領域７６のｐ型のキャリア濃度は、第２ドープ領域７８のｐ型のキャリア濃度よりも高い。

[0075] ［逆導通ＩＧＢＴの作用］

以下、本実施形態の逆導通ＩＧＢＴ１０の作用について説明する。

逆導通ＩＧＢＴ１０では、コンタクトプラグ４０が接触する半導体基板１６のコンタクト領域７４は、イオン注入により形成することができる。イオン注入は、コンタクトプラグ４０の形成に先立って行われる。具体的には、ウェハ１００に形成された複数のコンタクト孔３８およびマスク１０４を利用してイオン注入が行われる。イオン注入が行われる際、マスク１０４は、コンタクト孔３８と連通する開口を有している。

[0076] 複数のコンタクト孔３８は、ＩＧＢＴ領域１２に設けられた第１コンタク

ト孔４６と、ダイオード領域１４に設けられた第２コンタクト孔４８とを含む。第１コンタクト孔４６のＸ軸方向の寸法$Ｄ_1$は、第２コンタクト孔４８のＸ軸方向の寸法$Ｄ_2$よりも大きい。同様に、第１コンタクト孔４６と連通するマスク１０４の第１開口１０４ＡのＸ軸方向の寸法も、第２コンタクト孔４８と連通するマスク１０４の第２開口１０４ＢのＸ軸方向の寸法よりも大きい。したがって、第１コンタクト孔４６により露出される第１ドープ領域７６に注入される不純物の濃度を、第２コンタクト孔４８により露出される第２ドープ領域７８に注入される不純物の濃度よりも高くすることができる。よって、一度のイオン注入で複数のコンタクト領域７４を同時に形成する場合に、第１コンタクト孔４６により露出される第１ドープ領域７６のｐ型のキャリア濃度を、第２コンタクト孔４８により露出される第２ドープ領域７８のｐ型のキャリア濃度よりも高くすることができる。

[0077] 図１８は、コンタクト孔の寸法と、コンタクト孔の直下の半導体基板の不純物濃度の関係を示すグラフである。図１８には、同じ深さおよび異なる幅を有するコンタクト孔を介して半導体基板に同一の条件でイオン注入を行った場合の、コンタクト孔の直下の領域における不純物濃度のシミュレーション結果が示されている。図１８に示すように、コンタクト孔の寸法が大きいほど、コンタクト孔直下の領域における不純物の濃度を高くすることができる。なお、半導体基板では不純物濃度が高いほどキャリア濃度が高いと考えることができる。

[0078] このように、第１コンタクト孔４６と第２コンタクト孔４８との間の寸法の違いを利用して、第１ドープ領域７６および第２ドープ領域７８に注入される不純物の濃度を変化させることが可能となる。本実施形態の逆導通ＩＧＢＴ１０によれば、別個にイオン注入を行うことなく、ＩＧＢＴ領域１２に位置する第１ドープ領域７６およびダイオード領域１４に位置する第２ドープ領域７８のキャリア濃度を調整することができる。

[0079] 一般に、ＩＧＢＴとダイオードとでは求められる性能が異なるため、最適なキャリア濃度がＩＧＢＴ領域とダイオード領域とで異なり得る。例えば、

ダイオードのスイッチング損失を低減しつつ、ＩＧＢＴのターンオフ性能を向上させるためには、ＩＧＢＴ領域に位置するコンタクト領域のキャリア濃度は、ダイオード領域に位置するコンタクト領域のキャリア濃度よりも高いことが望ましい。

[0080] 本実施形態では、第１ドープ領域７６のｐ型のキャリア濃度を、第２ドープ領域７８のｐ型のキャリア濃度よりも高くすることができるため、ダイオード１４Ａのスイッチング損失を低減しつつ、ＩＧＢＴ１２Ａのターンオフ性能を向上させることができる。加えて、第１ドープ領域７６および第２ドープ領域７８は、一度のイオン注入で同時に形成することが可能である。したがって、本実施形態の逆導通ＩＧＢＴ１０によれば、ＩＧＢＴ１２Ａおよびダイオード１４Ａの両方で望ましい性能を得るためのキャリア濃度制御を容易にすることができる。

[0081] 本実施形態の逆導通ＩＧＢＴ１０は、以下の利点を有する。

（１）複数のコンタクト孔３８は、ＩＧＢＴ領域１２に設けられた第１コンタクト孔４６と、ダイオード領域１４に設けられた第２コンタクト孔４８とを含む。第２領域５４は、第１コンタクト孔４６により露出される第１ドープ領域７６と、第２コンタクト孔４８により露出される第２ドープ領域７８とを含む。第１コンタクト孔４６の第１方向（Ｘ軸方向）の寸法D_1は、第２コンタクト孔４８の第１方向（Ｘ軸方向）の寸法D_2よりも大きく、第１ドープ領域７６の第２導電型（ｐ型）のキャリア濃度は、第２ドープ領域７８の第２導電型（ｐ型）のキャリア濃度よりも高い。

[0082] この構成によれば、第１コンタクト孔４６と第２コンタクト孔４８との間の寸法の違いを利用して、第１ドープ領域７６および第２ドープ領域７８に注入される不純物の濃度を変化させることが可能となる。したがって、ＩＧＢＴ領域１２およびダイオード領域１４におけるキャリア濃度制御を容易にすることができる。

[0083] （２）第１コンタクト孔４６の第１方向（Ｘ軸方向）の寸法D_1は、第１コンタクト孔４６の半導体基板１６を露出させる底部４６Ｂの寸法であり、第

２コンタクト孔４８の第１方向（Ｘ軸方向）の寸法$Ｄ_2$は、第２コンタクト孔４８の半導体基板１６を露出させる底部４８Ｂにおける寸法であってよい。

[0084] この構成によれば、第１コンタクト孔４６と第２コンタクト孔４８とは、半導体基板１６を露出させる底部４６Ｂ，４６Ｂにおける寸法が異なっているため、第１ドープ領域７６および第２ドープ領域７８に注入される不純物の濃度を効果的に変化させることができる。したがって、第１ドープ領域７６および第２ドープ領域７８におけるキャリア濃度制御を容易にすることができる。

[0085] （３）第１コンタクト孔４６の第１方向（Ｘ軸方向）の寸法$Ｄ_1$は、第２コンタクト孔４８の第１方向（Ｘ軸方向）の寸法$Ｄ_2$の少なくとも１．２倍であってよい。

この構成によれば、第１コンタクト孔４６と第２コンタクト孔４８との間の寸法の違いを利用して、ＩＧＢＴ領域１２の第１ドープ領域７６に注入される不純物の濃度を、ダイオード領域１４の第２ドープ領域７８に注入される不純物の濃度よりも十分高くすることができる。

[0086] （４）第１ドープ領域７６の第２導電型（ｐ型）のキャリア濃度は、第２ドープ領域７８の第２導電型（ｐ型）のキャリア濃度よりも少なくとも５％高くてよい。

この構成によれば、ダイオード１４Ａのスイッチング損失を低減しつつ、ＩＧＢＴ１２Ａの性能を向上させることができる。

[0087] （５）イオン注入を行うことは、第２領域５４に、第１コンタクト孔４６により露出された第１ドープ領域７６と、第２コンタクト孔４８により露出された第２ドープ領域７８とを同時に形成することを含む。第１ドープ領域７６の第２導電型（ｐ型）のキャリア濃度は、第２ドープ領域７８の第２導電型（ｐ型）のキャリア濃度よりも高い。

[0088] この構成によれば、キャリア濃度の異なる第１ドープ領域７６および第２ドープ領域７８を同時に形成することができるので、製造工程の複雑化を抑制しつつ、ＩＧＢＴ領域１２およびダイオード領域１４におけるキャリア濃

度制御を容易にすることができる。

[0089] ［変更例］

上記実施形態は、以下のように変更して実施することができる。

・複数のトレンチ３２のピッチは、ＩＧＢＴ領域１２とダイオード領域１４とで一定でなくてもよい。

[0090] 図１９および図２０は、変更例に係る例示的な逆導通ＩＧＢＴ２００を示す。逆導通ＩＧＢＴ２００は、複数のトレンチ３２のピッチが、ＩＧＢＴ領域１２とダイオード領域１４とで異なるという点で、図３および図４に示す逆導通ＩＧＢＴ１０とは相違している。

[0091] 図１９は、逆導通ＩＧＢＴ２００の拡大平面図である。図２０は、図１９に示すＦ２０－Ｆ２０線に沿った逆導通ＩＧＢＴ２００の概略断面図である。図１９および図２０の例では、複数のトレンチ３２は、ＩＧＢＴ領域１２に配置された第１の複数のトレンチ２０２と、ダイオード領域１４に配置された第２の複数のトレンチ２０４とを含んでいてよい。第２の複数のトレンチ２０４のＸ軸方向におけるピッチP_{T2}は、第１の複数のトレンチ２０２のＸ方向におけるピッチP_{T1}よりも小さくてよい。

[0092] 逆導通ＩＧＢＴ２００においても、第１コンタクト孔４６のＸ軸方向の寸法D_1は、第２コンタクト孔４８のＸ軸方向の寸法D_2よりも大きい。また、第１ドープ領域７６のｐ型のキャリア濃度は、第２ドープ領域７８のｐ型のキャリア濃度よりも高くすることができる。

[0093] なお、境界領域３０におけるトレンチ３２のピッチは、ダイオード領域１４におけるピッチP_{T2}と同じであってよい。別の例では、境界領域３０におけるトレンチ３２のピッチは、P_{T1}でと同じであってもよく、あるいは、P_{T2}とP_{T1}との間であってもよい。

[0094] ・２つのトレンチ３２の間に配置されるコンタクトプラグ４０の数は、複数であってもよい。

・トレンチ３２のＸ軸方向の寸法D_Tは、ＩＧＢＴ領域１２、境界領域３０、およびダイオード領域１４において、同じであってもよいし、異なってい

てもよい。

[0095] ・ダイオード領域１４に、スイッチング損失を低減するためのライフタイムコントロール領域（図示略）が形成されていてもよい。一例では、ライフタイムコントロール領域は、半導体基板１６にヘリウム（Ｈｅ）イオンを照射することによって形成され得る。ライフタイムコントロール領域は、境界領域３０にも形成されていてよい。

[0096] ・半導体基板１６は、ＳｉＣ基板であってもよい。

・半導体基板１６内の各領域の導電型が反転された構造が採用されてもよい。すなわち、ｐ型の領域がｎ型の領域とされ、ｎ型の領域がｐ型の領域とされてもよい。

[0097] 本明細書に記載の様々な例のうちの１つまたは複数を、技術的に矛盾しない範囲で組み合わせることができる。

本明細書において、「ＡおよびＢのうちの少なくとも１つ」とは、「Ａのみ、または、Ｂのみ、または、ＡおよびＢの両方」を意味するものとして理解されるべきである。

[0098] 本開示で使用される「～上に」という用語は、文脈によって明らかにそうでないことが示されない限り、「～上に」と「～の上方に」との両方の意味を含み得る。したがって、「第１層が第２層上に形成される」という表現は、或る実施形態では第１層が第２層に接触して第２層上に直接配置され得るが、他の実施形態では第１層が第２層に接触することなく第２層の上方に配置され得ることが意図される。すなわち、「～上に」という用語は、第１層と第２層との間に他の層が形成される構造を排除しない。

[0099] 本開示で使用される「垂直」、「水平」、「上方」、「下方」、「上」、「下」、「前方」、「後方」、「縦」、「横」、「左」、「右」、「前」、「後」などの方向を示す用語は、説明および図示された装置の特定の向きに依存する。本開示においては、様々な代替的な向きを想定することができ、したがって、これらの方向を示す用語は、狭義に解釈されるべきではない。

[0100] 例えば、本開示で使用されるＺ軸方向は必ずしも鉛直方向である必要はな

く、鉛直方向に完全に一致している必要もない。したがって、本開示による種々の構造（例えば、図１に示される構造）は、本明細書で説明されるＺ軸方向の「上」および「下」が鉛直方向の「上」および「下」であることに限定されない。例えば、Ｘ軸方向が鉛直方向であってもよく、またはＹ軸方向が鉛直方向であってもよい。

[0101] ［付記］

本開示から把握できる技術的思想を以下に記載する。なお、限定する意図ではなく理解の補助のために、付記に記載される構成要素には、実施形態中の対応する構成要素の参照符号が付されている。参照符号は、理解の補助のために例として示すものであり、各付記に記載された構成要素は、参照符号で示される構成要素に限定されるべきではない。

[0102] （付記１）

ＩＧＢＴ（１２Ａ）が形成されたＩＧＢＴ領域（１２）と、ダイオード（１４Ａ）が形成されたダイオード領域（１４）とを含む逆導通ＩＧＢＴ（１０）であって、

第１面（１６Ａ）および前記第１面（１６Ａ）と反対側の第２面（１６Ｂ）を有する半導体基板（１６）であって、第１導電型の第１領域（５２）と、前記第１領域（５２）上に形成された第２導電型の第２領域（５４）とを含む、半導体基板（１６）と、

前記半導体基板（１６）に形成された複数のトレンチ（３２）であって、前記複数のトレンチ（３２）の各々は、前記半導体基板（１６）の前記第１面（１６Ａ）に開口を有するとともに、前記第２領域（５４）を貫通して前記第１領域（５２）に達している、複数のトレンチ（３２）と、

前記半導体基板（１６）の前記第１面（１６Ａ）上に形成された絶縁層（１８）と、

前記第２領域（５４）に電気的に接続された複数のコンタクトプラグ（４０）と

を備え、

前記複数のコンタクトプラグ（４０）は、複数のコンタクト孔（３８）にそれぞれ埋め込まれており、前記複数のコンタクト孔（３８）の各々は、前記絶縁層（１８）を貫通して、前記複数のトレンチ（３２）のうち、第１方向に互いに隣り合う２つのトレンチ（３２）の間において前記半導体基板（１６）を露出させ、

前記複数のコンタクト孔（３８）は、前記ＩＧＢＴ領域（１２）に設けられた第１コンタクト孔（４６）と、前記ダイオード領域（１４）に設けられた第２コンタクト孔（４８）とを含み、

前記第２領域（５４）は、前記第１コンタクト孔（４６）により露出される第１ドープ領域（７６）と、前記第２コンタクト孔（４８）により露出される第２ドープ領域（７８）とを含み、

前記第１コンタクト孔（４６）の前記第１方向の寸法（D_1）は、前記第２コンタクト孔（４８）の前記第１方向の寸法（D_2）よりも大きく、前記第１ドープ領域（７６）の第２導電型のキャリア濃度は、前記第２ドープ領域（７８）の第２導電型のキャリア濃度よりも高い、逆導通ＩＧＢＴ。

[0103] （付記２）

前記第１コンタクト孔（４６）の前記第１方向の寸法（D_1）は、前記第１コンタクト孔（４６）の前記半導体基板（１６）を露出させる底部（４６Ｂ）の寸法であり、前記第２コンタクト孔（４８）の前記第１方向の寸法（D_2）は、前記第２コンタクト孔（４８）の前記半導体基板（１６）を露出させる底部（４８Ｂ）における寸法である、付記１に記載の逆導通ＩＧＢＴ。

[0104] （付記３）

前記第１コンタクト孔（４６）の前記第１方向の寸法（D_1）は、前記半導体基板（１６）の前記第１面（１６Ａ）の位置における前記第１コンタクト孔（４６）の寸法であり、前記第２コンタクト孔（４８）の前記第１方向の寸法（D_2）は、前記半導体基板（１６）の前記第１面（１６Ａ）の位置における前記第２コンタクト孔（４８）の寸法である、付記１に記載の逆導通ＩＧＢＴ。

[0105] （付記４）

前記第１コンタクト孔（４６）の前記第１方向の寸法（D_1）は、前記第２コンタクト孔（４８）の前記第１方向の寸法（D_2）の少なくとも１．２倍である、付記１～３のいずれか１つに記載の逆導通ＩＧＢＴ。

[0106] （付記５）

前記第１ドープ領域（７６）の第２導電型のキャリア濃度のピーク値が、前記第２ドープ領域（７８）におけるキャリア濃度のピーク値よりも高い、付記１～４のいずれか１つに記載の逆導通ＩＧＢＴ。

[0107] （付記６）

前記第１ドープ領域（７６）の第２導電型のキャリア濃度は、前記半導体基板（１６）の前記第１面（１６Ａ）から同じ距離で比較した場合において、前記第２ドープ領域（７８）の第２導電型のキャリア濃度よりも高い、付記１～４のいずれか１つに記載の逆導通ＩＧＢＴ。

[0108] （付記７）

前記第１ドープ領域（７６）の第２導電型のキャリア濃度は、前記第２ドープ領域（７８）の第２導電型のキャリア濃度よりも少なくとも５％高い、付記１～６のいずれか１つに記載の逆導通ＩＧＢＴ。

[0109] （付記８）

前記複数のトレンチ（３２）の前記第１方向におけるピッチ（P_T）は一定である、付記１～７のいずれか１つに記載の逆導通ＩＧＢＴ。

[0110] （付記９）

前記複数のトレンチ（３２）は、前記ＩＧＢＴ領域（１２）に配置された第１の複数のトレンチ（２０２）と、前記ダイオード領域（１４）に配置された第２の複数のトレンチ（２０４）とを含み、

前記第２の複数のトレンチ（２０４）の前記第１方向におけるピッチ（P_{T2}）は、前記第１の複数のトレンチ（２０２）の間の前記第１方向におけるピッチ（P_{T1}）よりも小さい、付記１～７のいずれか１つに記載の逆導通ＩＧＢＴ（２００）。

[0111] （付記１０）

前記第２領域（５４）は、

前記第１ドープ領域（７６）に隣接するベース領域（５８）と、

前記第２ドープ領域（７８）に隣接するアノード領域（６０）と

をさらに含み、

前記ベース領域（５８）および前記アノード領域（６０）は、前記第１領域（５２）に隣接している、付記１～９のいずれか１つに記載の逆導通ＩＧＢＴ。

[0112] （付記１１）

前記絶縁層（１８）上に形成された第１電極（２０）をさらに備え、

前記第１電極（２０）は、前記第１コンタクト孔（４６）に埋め込まれた前記コンタクトプラグ（４０）を介して前記第１ドープ領域（７６）に電気的に接続され、前記第２コンタクト孔（４８）に埋め込まれた前記コンタクトプラグ（４０）を介して前記第２ドープ領域（７８）に電気的に接続されている、付記１～１０のいずれか１つに記載の逆導通ＩＧＢＴ。

[0113] （付記１２）

前記絶縁層（１８）によって前記第１電極（２０）から絶縁されたゲート配線（２４）と、

前記複数のトレンチ（３２）内に配置された複数の埋め込み電極と

をさらに備え、

前記複数の埋め込み電極の各々は、前記ゲート配線（２４）または前記第１電極（２０）に電気的に接続されている、付記１１に記載の逆導通ＩＧＢＴ。

[0114] （付記１３）

前記半導体基板（１６）の前記第２面（１６Ｂ）に形成された第２電極（８０）をさらに備え、

前記半導体基板（１６）は、

前記ＩＧＢＴ領域（１２）において前記第２電極（８０）に隣接する第２

導電型のコレクタ領域（６２）と、

前記ダイオード領域（１４）において前記第２電極（８０）に隣接する第１導電型のカソード領域（６４）と

をさらに含む、付記１～１２のいずれか１つに記載の逆導通ＩＧＢＴ。

[0115] （付記１４）

前記半導体基板（１６）は、前記ＩＧＢＴ領域（１２）において、前記第２領域（５４）に隣接する第１導電型のエミッタ領域（５６）をさらに含む、付記１～１３のいずれか１つに記載の逆導通ＩＧＢＴ。

[0116] （付記１５）

ＩＧＢＴ（１２Ａ）が形成されたＩＧＢＴ領域（１２）と、ダイオード（１４Ａ）が形成されたダイオード領域（１４）とを含む逆導通ＩＧＢＴ（１０）の製造方法であって、

ウェハ（１００）に複数のトレンチ（３２）を形成することであって、前記ウェハ（１００）は、第１面（１００Ａ）および前記第１面（１００Ａ）と反対側の第２面（１００Ｂ）を有し、前記複数のトレンチ（３２）の各々は、前記第１面（１００Ａ）に開口を有している、複数のトレンチ（３２）を形成すること、

前記ウェハ（１００）に第１導電型の第１領域（５２）と、前記第１領域（５２）上に配置された第２導電型の第２領域（５４）とを形成すること、

前記ウェハ（１００）の前記第１面（１００Ａ）上に絶縁層（１８）を形成すること、

複数のコンタクト孔（３８）を形成することであって、前記複数のコンタクト孔（３８）の各々は、前記絶縁層（１８）を貫通して、前記複数のトレンチ（３２）のうち、第１方向に互いに隣り合う２つのトレンチ（３２）の間において前記ウェハ（１００）を露出させる、複数のコンタクト孔（３８）を形成すること、

前記ウェハ（１００）にイオン注入を行うこと

を含み、

前記複数のコンタクト孔（３８）は、前記ＩＧＢＴ領域（１２）に設けられた第１コンタクト孔（４６）と、前記ダイオード領域（１４）に設けられた第２コンタクト孔（４８）とを含み、前記第１コンタクト孔（４６）の前記第１方向の寸法（D_1）は、前記第２コンタクト孔（４８）の前記第１方向の寸法（D_2）よりも大きく、

前記イオン注入を行うことは、前記第２領域（５４）に、前記第１コンタクト孔（４６）により露出された第１ドープ領域（７６）と、前記第２コンタクト孔（４８）により露出された第２ドープ領域（７８）とを同時に形成することを含み、前記第１ドープ領域（７６）の第２導電型のキャリア濃度は、前記第２ドープ領域（７８）の第２導電型のキャリア濃度よりも高い、逆導通ＩＧＢＴの製造方法。

[0117] （付記１６）

前記第１コンタクト孔（４６）の前記第１方向の寸法（D_1）は、前記第２コンタクト孔（４８）の前記第１方向の寸法（D_2）の少なくとも１．２倍である、付記１５に記載の逆導通ＩＧＢＴの製造方法。

[0118] （付記１７）

前記第１ドープ領域（７６）の第２導電型のキャリア濃度は、前記第２ドープ領域（７８）の第２導電型のキャリア濃度よりも少なくとも５％高い、付記１５または１６に記載の逆導通ＩＧＢＴの製造方法。

[0119] （付記１８）

前記複数のトレンチ（３２）の各々は、前記第２領域（５４）を貫通して前記第１領域（５２）に達している、付記１５～１７のいずれか１つに記載の逆導通ＩＧＢＴの製造方法。

[0120] （付記１９）

複数のコンタクト孔（３８）にそれぞれ埋め込まれた複数のコンタクトプラグ（４０）を形成すること

をさらに含み、前記複数のコンタクトプラグ（４０）は、前記第２領域（５４）に電気的に接続されている、付記１５～１８のいずれか１つに記載の

逆導通ＩＧＢＴの製造方法。

[0121] （付記２０）

前記絶縁層（１８）上に第１電極（２０）を形成すること

をさらに含み、

前記第１電極（２０）は、前記第１コンタクト孔（４６）に埋め込まれた前記コンタクトプラグ（４０）を介して前記第１ドープ領域（７６）に電気的に接続され、前記第２コンタクト孔（４８）に埋め込まれた前記コンタクトプラグ（４０）を介して前記第２ドープ領域（７８）に電気的に接続されている、付記１９に記載の逆導通ＩＧＢＴの製造方法。

[0122] 以上の説明は単に例示である。本開示の技術を説明する目的のために列挙された構成要素および方法（製造プロセス）以外に、より多くの考えられる組み合わせおよび置換が可能であることを当業者は認識し得る。本開示は、特許請求の範囲を含む本開示の範囲内に含まれるすべての代替、変形、および変更を包含することが意図される。

符号の説明

[0123] １０，２００…逆導通ＩＧＢＴ

１２…ＩＧＢＴ領域

１２Ａ…ＩＧＢＴ

１４…ダイオード領域

１４Ａ…ダイオード

１６…半導体基板

１６Ａ…第１面

１６Ｂ…第２面

１８…絶縁層

２０…第１電極

２２…パッド電極

２４…ゲート配線

２６…ゲートフィンガー

２８…サブ領域

３０…境界領域

３２…トレンチ

３４…第１絶縁層

３６…埋め込み電極

３８…コンタクト孔

４０…コンタクトプラグ

４２…第１金属部

４４…第２金属部

４６…第１コンタクト孔

４６Ａ…上部

４６Ｂ…底部

４８…第２コンタクト孔

４８Ａ…上部

４８Ｂ…底部

５０…第３コンタクト孔

５２…第１領域

５４…第２領域

５６…エミッタ領域

５８…ベース領域

６０…アノード領域

６２…コレクタ領域

６４…カソード領域

６６…バッファ領域

６８…ドリフト領域

７０…キャリアストレージ領域

７２…第２絶縁層

７４…コンタクト領域

７６…第１ドープ領域

７８…第２ドープ領域

８０…第２電極

８２…境界ウェル領域

１００…ウェハ

１００Ａ…第１面

１００Ｂ…第２面

１０２…第１金属層

１０４…マスク

１０６…第２金属層

１０８…第３金属層

２０２…第１の複数のトレンチ

２０４…第２の複数のトレンチ

請求の範囲

[請求項1] ＩＧＢＴが形成されたＩＧＢＴ領域と、ダイオードが形成されたダイオード領域とを含む逆導通ＩＧＢＴであって、

第１面および前記第１面と反対側の第２面を有する半導体基板であって、第１導電型の第１領域と、前記第１領域上に形成された第２導電型の第２領域とを含む、半導体基板と、

前記半導体基板に形成された複数のトレンチであって、前記複数のトレンチの各々は、前記半導体基板の前記第１面に開口を有するとともに、前記第２領域を貫通して前記第１領域に達している、複数のトレンチと、

前記半導体基板の前記第１面上に形成された絶縁層と、

前記第２領域に電気的に接続された複数のコンタクトプラグと

を備え、

前記複数のコンタクトプラグは、複数のコンタクト孔にそれぞれ埋め込まれており、前記複数のコンタクト孔の各々は、前記絶縁層を貫通して、前記複数のトレンチのうち、第１方向に互いに隣り合う２つのトレンチの間において前記半導体基板を露出させ、

前記複数のコンタクト孔は、前記ＩＧＢＴ領域に設けられた第１コンタクト孔と、前記ダイオード領域に設けられた第２コンタクト孔とを含み、

前記第２領域は、前記第１コンタクト孔により露出される第１ドープ領域と、前記第２コンタクト孔により露出される第２ドープ領域とを含み、

前記第１コンタクト孔の前記第１方向の寸法は、前記第２コンタクト孔の前記第１方向の寸法よりも大きく、前記第１ドープ領域の第２導電型のキャリア濃度は、前記第２ドープ領域の第２導電型のキャリア濃度よりも高い、逆導通ＩＧＢＴ。

[請求項2] 前記第１コンタクト孔の前記第１方向の寸法は、前記第１コンタク

ト孔の前記半導体基板を露出させる底部の寸法であり、前記第２コンタクト孔の前記第１方向の寸法は、前記第２コンタクト孔の前記半導体基板を露出させる底部における寸法である、請求項１に記載の逆導通ＩＧＢＴ。

[請求項3] 前記第１コンタクト孔の前記第１方向の寸法は、前記半導体基板の前記第１面の位置における前記第１コンタクト孔の寸法であり、前記第２コンタクト孔の前記第１方向の寸法は、前記半導体基板の前記第１面の位置における前記第２コンタクト孔の寸法である、請求項１に記載の逆導通ＩＧＢＴ。

[請求項4] 前記第１コンタクト孔の前記第１方向の寸法は、前記第２コンタクト孔の前記第１方向の寸法の少なくとも１．２倍である、請求項１～３のいずれか一項に記載の逆導通ＩＧＢＴ。

[請求項5] 前記第１ドープ領域の第２導電型のキャリア濃度のピーク値が、前記第２ドープ領域におけるキャリア濃度のピーク値よりも高い、請求項１～４のいずれか一項に記載の逆導通ＩＧＢＴ。

[請求項6] 前記第１ドープ領域の第２導電型のキャリア濃度は、前記半導体基板の前記第１面から同じ距離で比較した場合において、前記第２ドープ領域の第２導電型のキャリア濃度よりも高い、請求項１～４のいずれか一項に記載の逆導通ＩＧＢＴ。

[請求項7] 前記第１ドープ領域の第２導電型のキャリア濃度は、前記第２ドープ領域の第２導電型のキャリア濃度よりも少なくとも５％高い、請求項１～６のいずれか一項に記載の逆導通ＩＧＢＴ。

[請求項8] 前記複数のトレンチの前記第１方向におけるピッチは一定である、請求項１～７のいずれか一項に記載の逆導通ＩＧＢＴ。

[請求項9] 前記複数のトレンチは、前記ＩＧＢＴ領域に配置された第１の複数のトレンチと、前記ダイオード領域に配置された第２の複数のトレンチとを含み、

前記第２の複数のトレンチの前記第１方向におけるピッチは、前記

第１の複数のトレンチの間の前記第１方向におけるピッチよりも小さい、請求項１～７のいずれか一項に記載の逆導通ＩＧＢＴ。

[請求項10] 前記第２領域は、

前記第１ドープ領域に隣接するベース領域と、

前記第２ドープ領域に隣接するアノード領域と

をさらに含み、

前記ベース領域および前記アノード領域は、前記第１領域に隣接している、請求項１～９のいずれか一項に記載の逆導通ＩＧＢＴ。

[請求項11] 前記絶縁層上に形成された第１電極をさらに備え、

前記第１電極は、前記第１コンタクト孔に埋め込まれた前記コンタクトプラグを介して前記第１ドープ領域に電気的に接続され、前記第２コンタクト孔に埋め込まれた前記コンタクトプラグを介して前記第２ドープ領域に電気的に接続されている、請求項１～１０のいずれか一項に記載の逆導通ＩＧＢＴ。

[請求項12] 前記絶縁層によって前記第１電極から絶縁されたゲート配線と、

前記複数のトレンチ内に配置された複数の埋め込み電極と

をさらに備え、

前記複数の埋め込み電極の各々は、前記ゲート配線または前記第１電極に電気的に接続されている、請求項１１に記載の逆導通ＩＧＢＴ。

[請求項13] 前記半導体基板の前記第２面に形成された第２電極をさらに備え、

前記半導体基板は、

前記ＩＧＢＴ領域において前記第２電極に隣接する第２導電型のコレクタ領域と、

前記ダイオード領域において前記第２電極に隣接する第１導電型のカソード領域と

をさらに含む、請求項１～１２のいずれか一項に記載の逆導通ＩＧＢＴ。

[請求項14] 前記半導体基板は、前記ＩＧＢＴ領域において、前記第２領域に隣接する第１導電型のエミッタ領域をさらに含む、請求項１～１３のいずれか一項に記載の逆導通ＩＧＢＴ。

[請求項15] ＩＧＢＴが形成されたＩＧＢＴ領域と、ダイオードが形成されたダイオード領域とを含む逆導通ＩＧＢＴの製造方法であって、

ウェハに複数のトレンチを形成することであって、前記ウェハは、第１面および前記第１面と反対側の第２面を有し、前記複数のトレンチの各々は、前記第１面に開口を有している、複数のトレンチを形成すること、

前記ウェハに第１導電型の第１領域と、前記第１領域上に配置された第２導電型の第２領域とを形成すること、

前記ウェハの前記第１面上に絶縁層を形成すること、

複数のコンタクト孔を形成することであって、前記複数のコンタクト孔の各々は、前記絶縁層を貫通して、前記複数のトレンチのうち、第１方向に互いに隣り合う２つのトレンチの間において前記ウェハを露出させる、複数のコンタクト孔を形成すること、

前記ウェハにイオン注入を行うこと

を含み、

前記複数のコンタクト孔は、前記ＩＧＢＴ領域に設けられた第１コンタクト孔と、前記ダイオード領域に設けられた第２コンタクト孔とを含み、前記第１コンタクト孔の前記第１方向の寸法は、前記第２コンタクト孔の前記第１方向の寸法よりも大きく、

前記イオン注入を行うことは、前記第２領域に、前記第１コンタクト孔により露出された第１ドープ領域と、前記第２コンタクト孔により露出された第２ドープ領域とを同時に形成することを含み、前記第１ドープ領域の第２導電型のキャリア濃度は、前記第２ドープ領域の第２導電型のキャリア濃度よりも高い、逆導通ＩＧＢＴの製造方法。

[請求項16] 前記第１コンタクト孔の前記第１方向の寸法は、前記第２コンタク

ト孔の前記第１方向の寸法の少なくとも１．２倍である、請求項１５に記載の逆導通ＩＧＢＴの製造方法。

[請求項17] 前記第１ドープ領域の第２導電型のキャリア濃度は、前記第２ドープ領域の第２導電型のキャリア濃度よりも少なくとも５％高い、請求項１５または１６に記載の逆導通ＩＧＢＴの製造方法。

[請求項18] 前記複数のトレンチの各々は、前記第２領域を貫通して前記第１領域に達している、請求項１５～１７のいずれか一項に記載の逆導通ＩＧＢＴの製造方法。

[請求項19] 複数のコンタクト孔にそれぞれ埋め込まれた複数のコンタクトプラグを形成すること

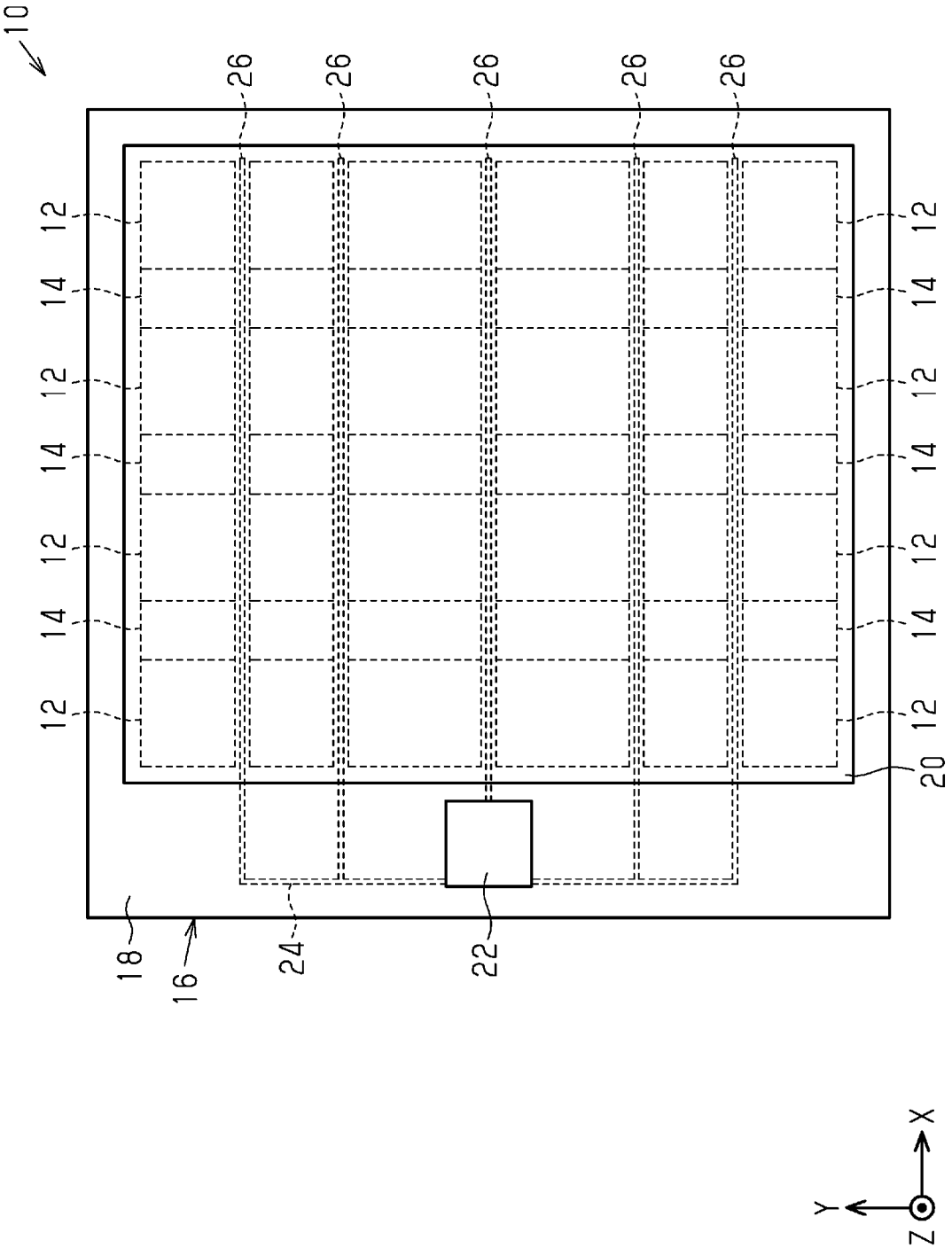
をさらに含み、前記複数のコンタクトプラグは、前記第２領域に電気的に接続されている、請求項１５～１８のいずれか一項に記載の逆導通ＩＧＢＴの製造方法。

[請求項20] 前記絶縁層上に第１電極を形成すること

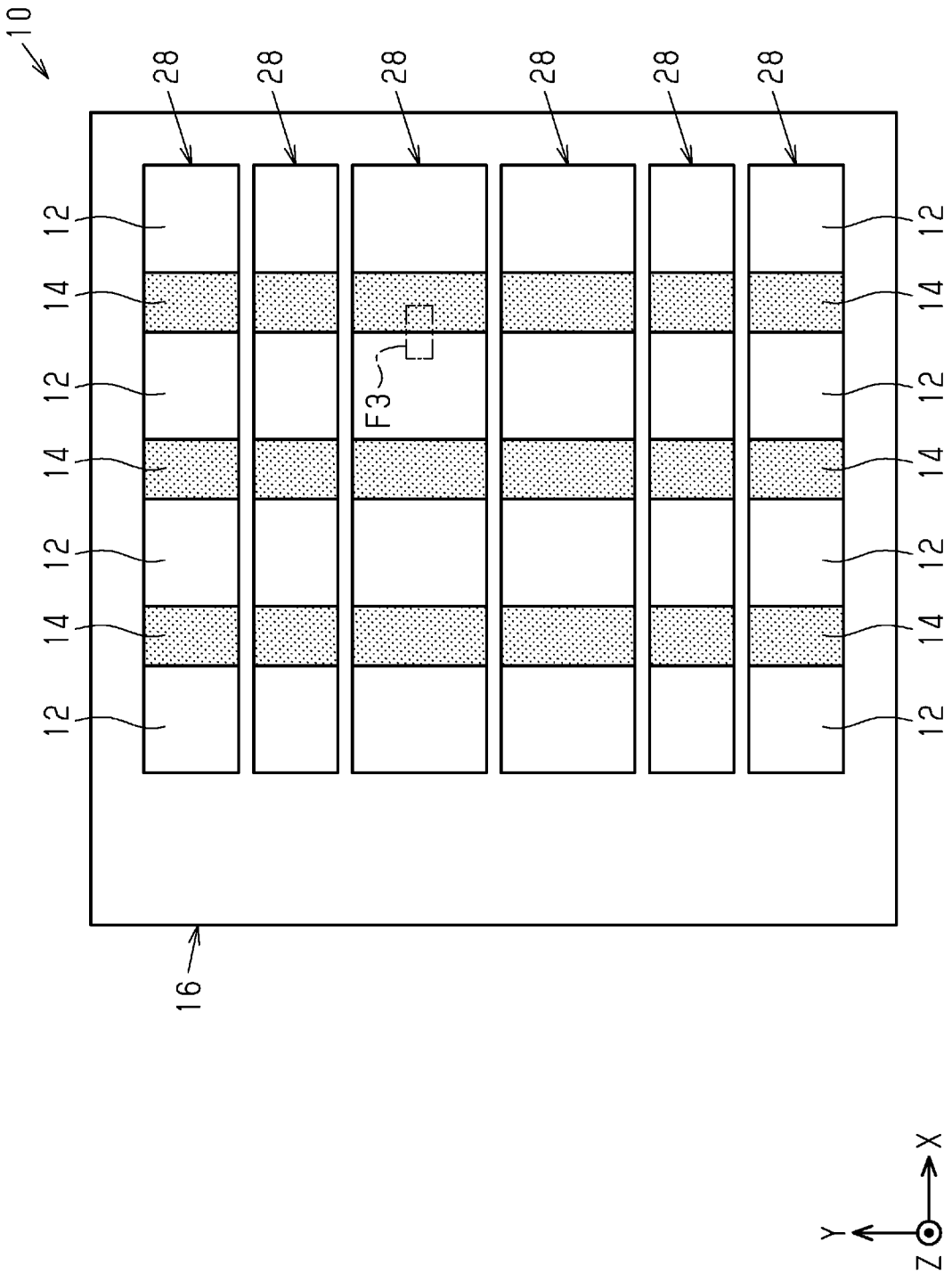
をさらに含み、

前記第１電極は、前記第１コンタクト孔に埋め込まれた前記コンタクトプラグを介して前記第１ドープ領域に電気的に接続され、前記第２コンタクト孔に埋め込まれた前記コンタクトプラグを介して前記第２ドープ領域に電気的に接続されている、請求項１９に記載の逆導通ＩＧＢＴの製造方法。

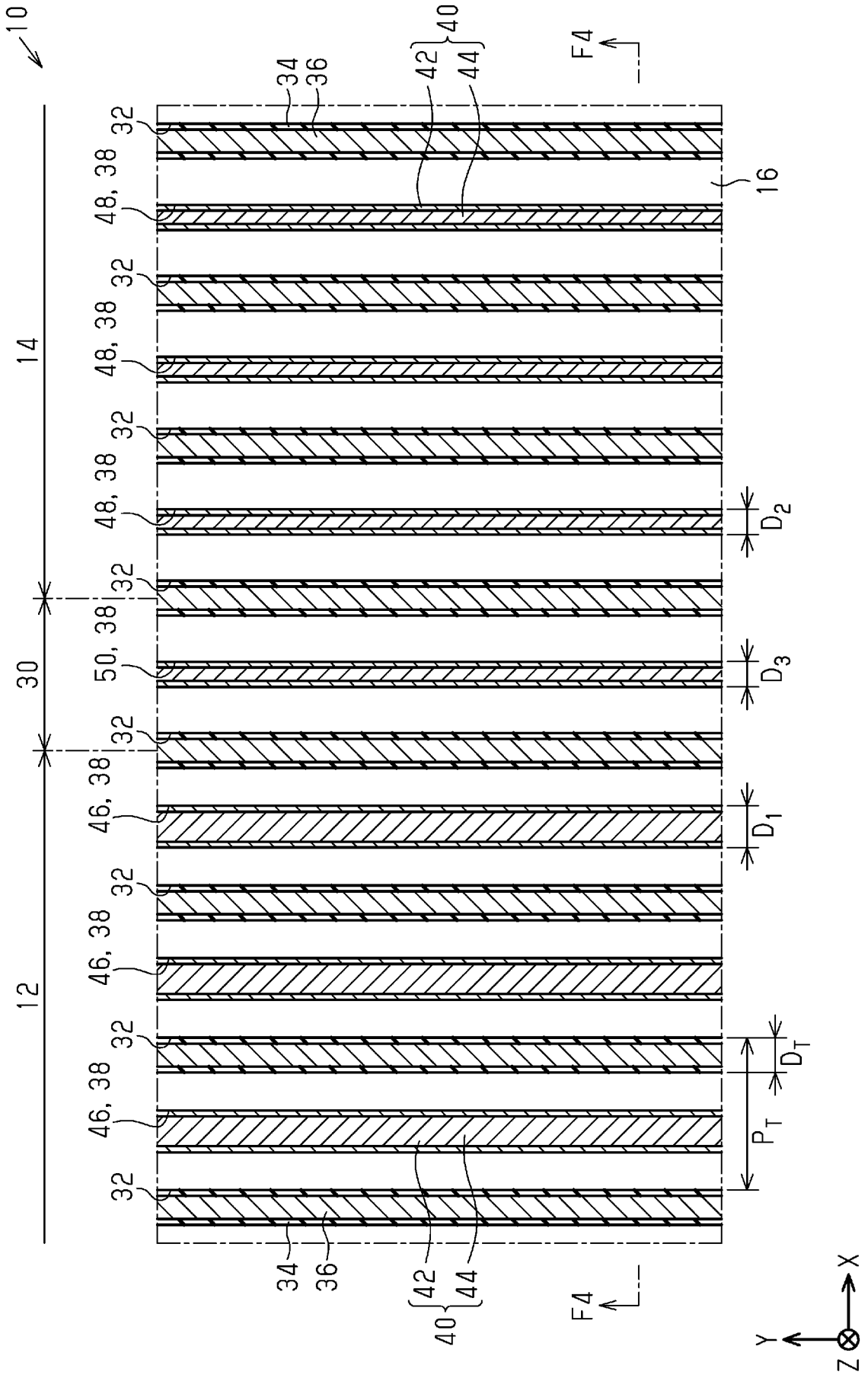
[図1]


10
26
26
26
26
26
12
14
12
14
12
14
12
14
12
12
14
12
14
12
20
18
16
24
22
X
Y
Z

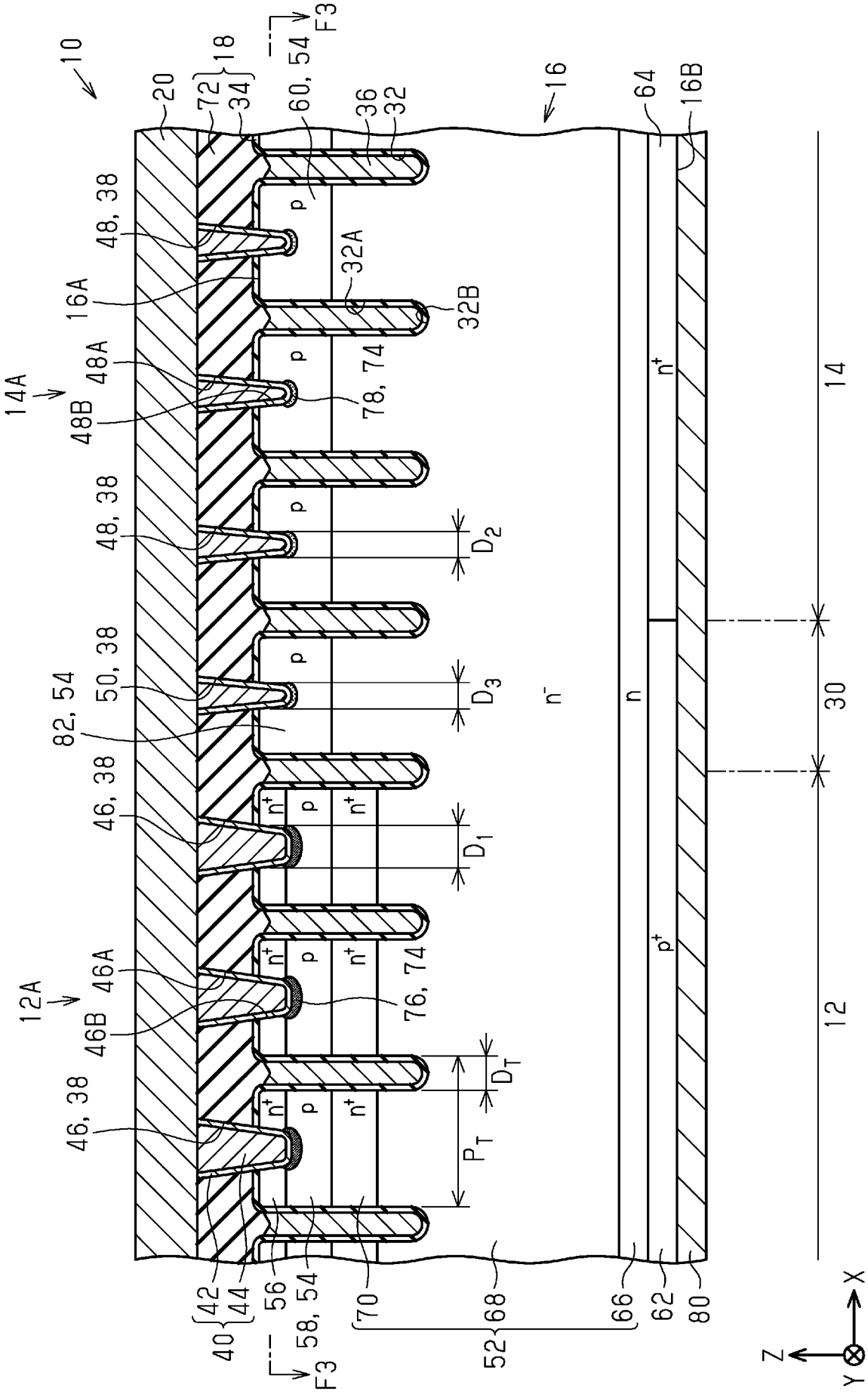
[図2]



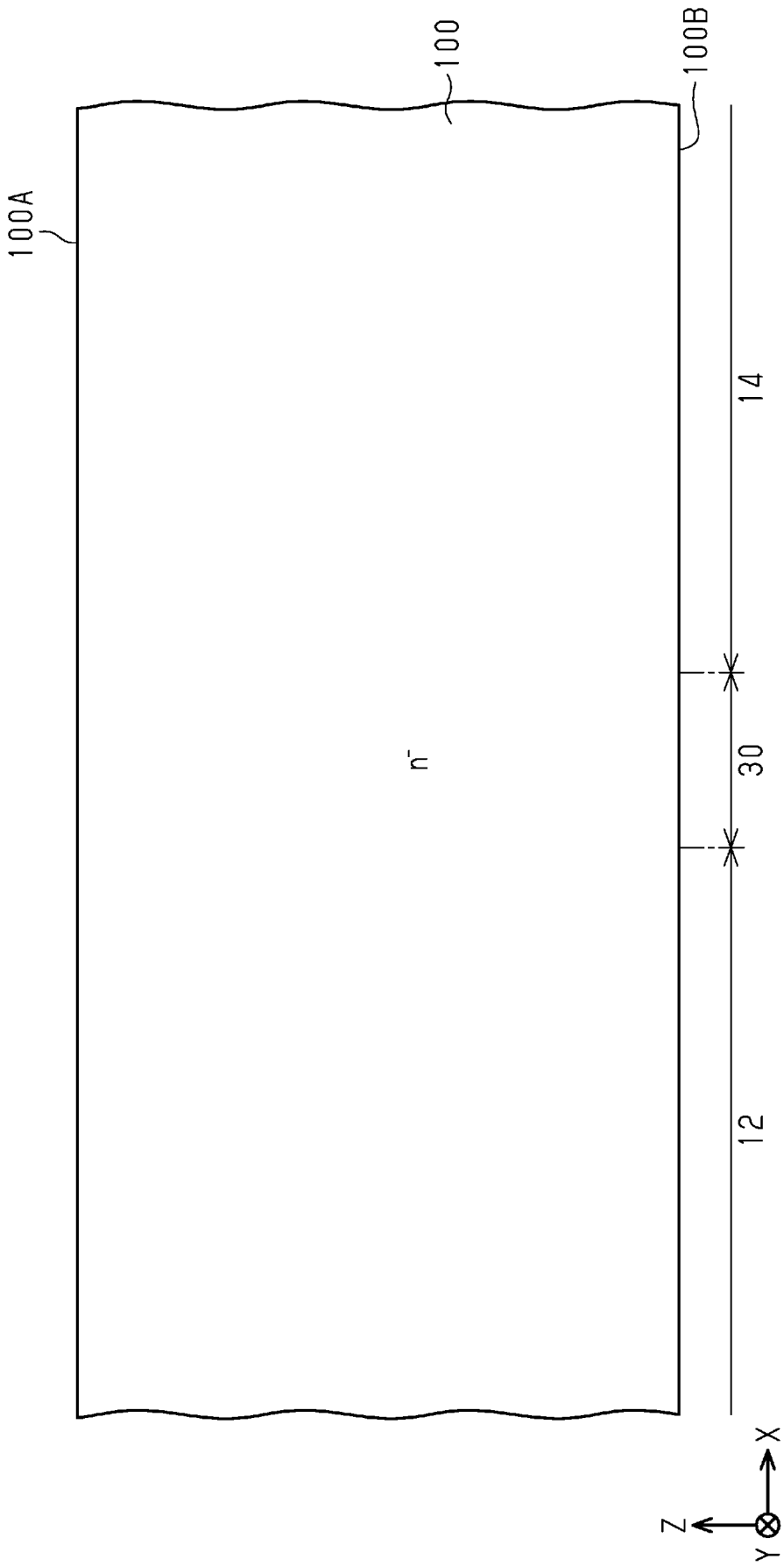
[図3]



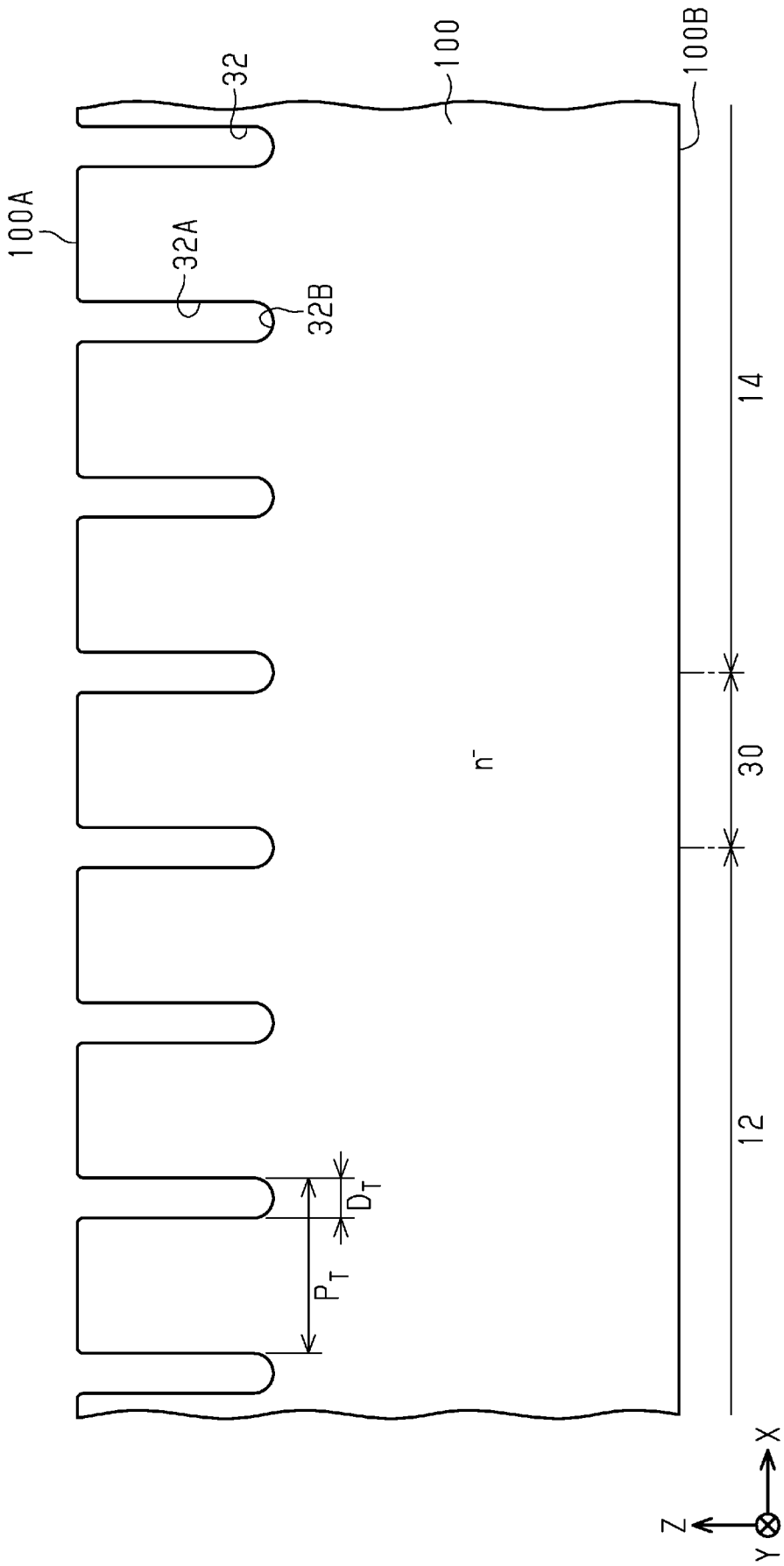
[図4]


10
20
72
34
18
60, 54
F3
36
32
16
64
16B
48, 38
16A
32A
32B
14A
48A
48B
78, 74
48, 38
D2
50, 38
82, 54
D3
46, 38
D1
12A
46A
46B
76, 74
46, 38
DT
PT
p
n+
n-
n
p+
14
30
12
42
44
40
56
58, 54
70
68
52
66
62
80
X
Y
Z

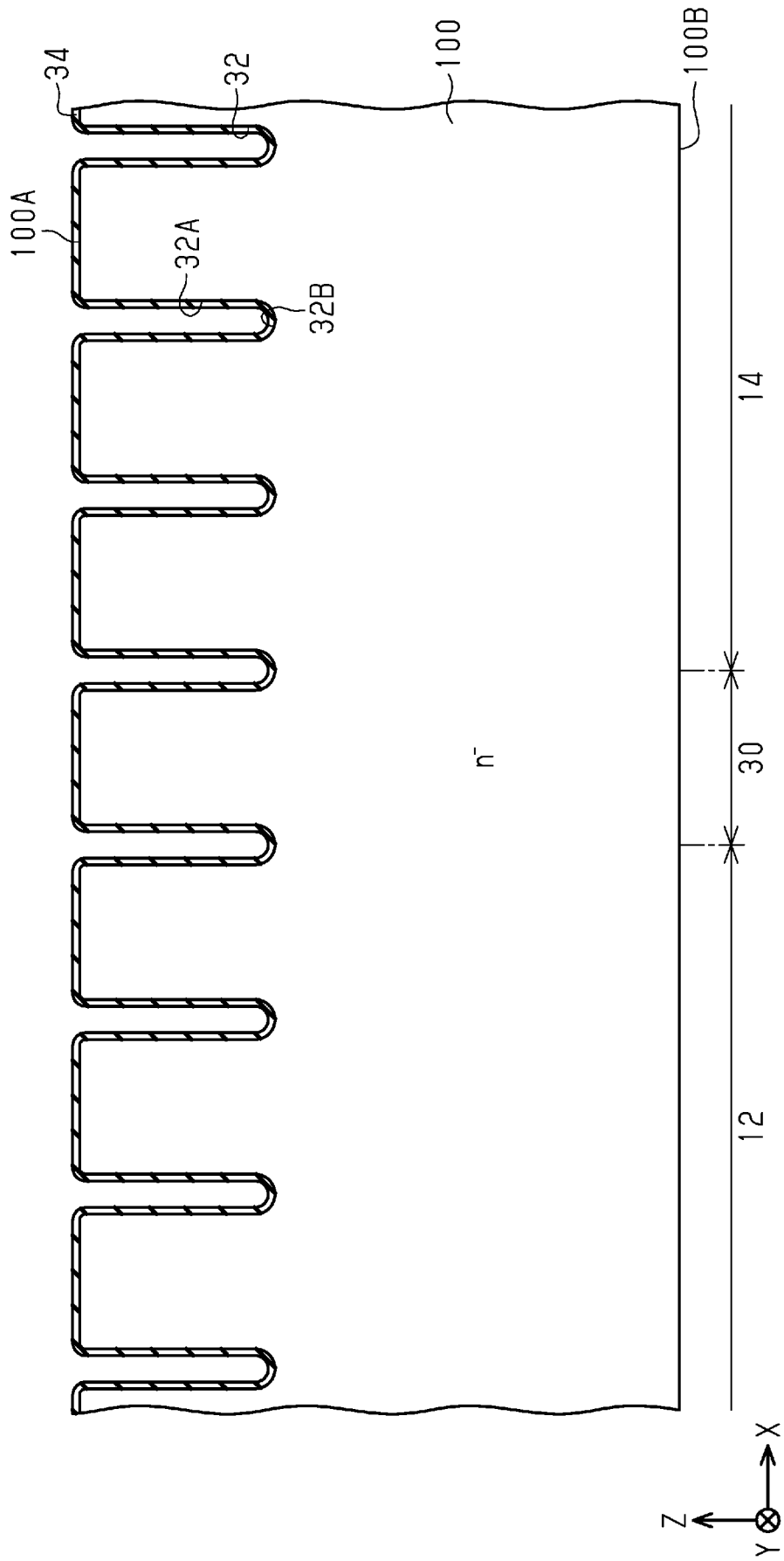
[図5]



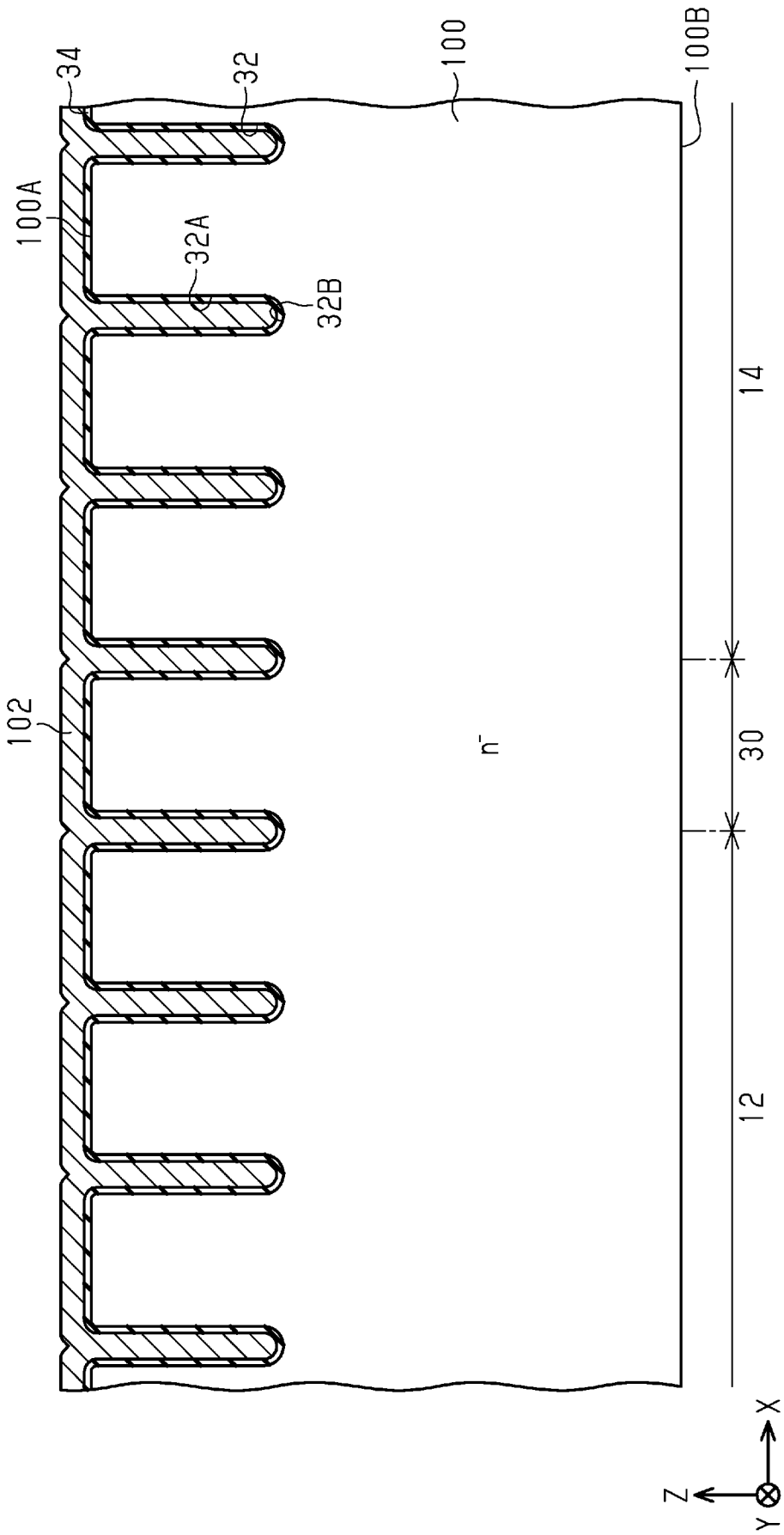
[図6]



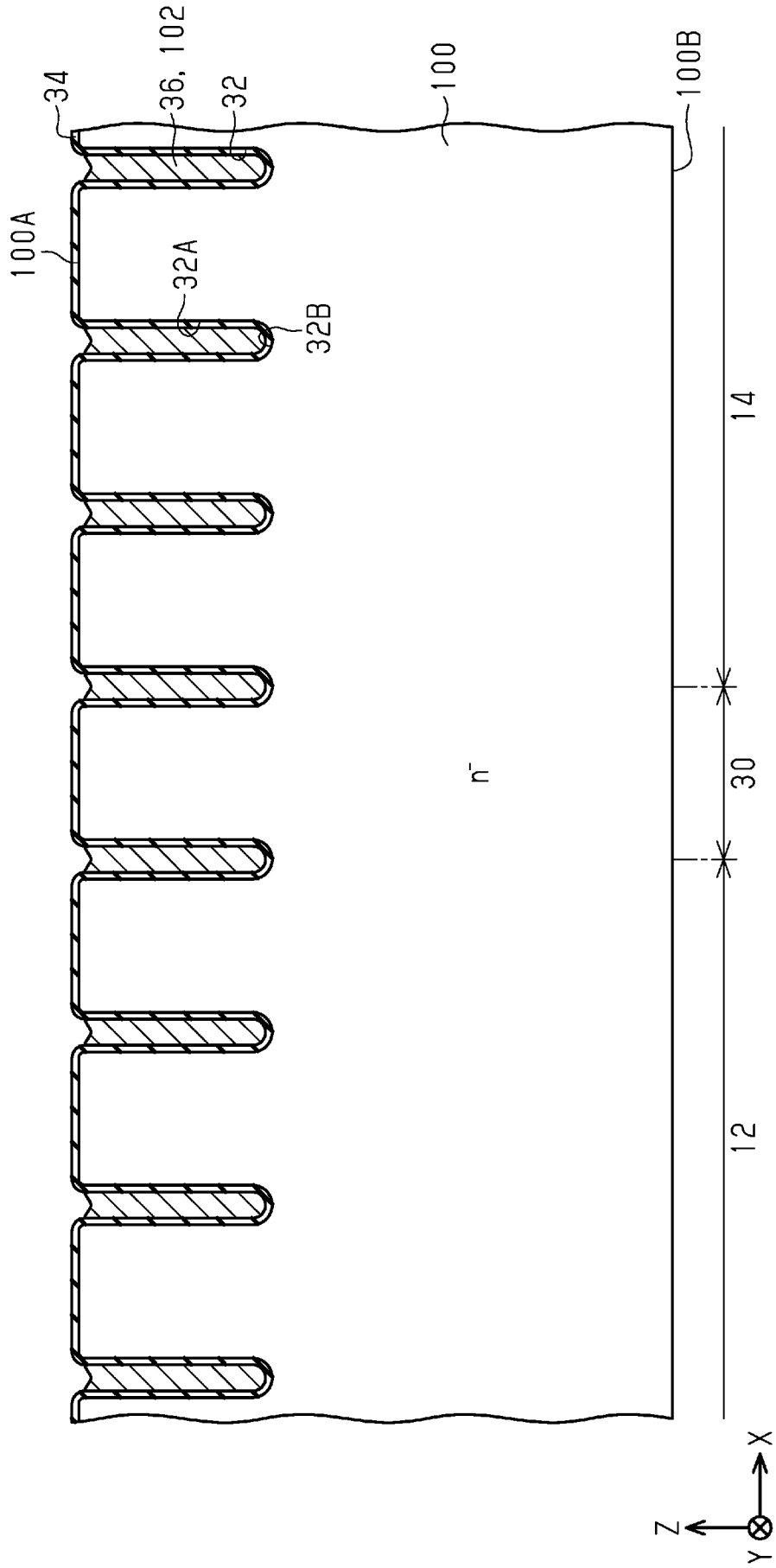
[図7]



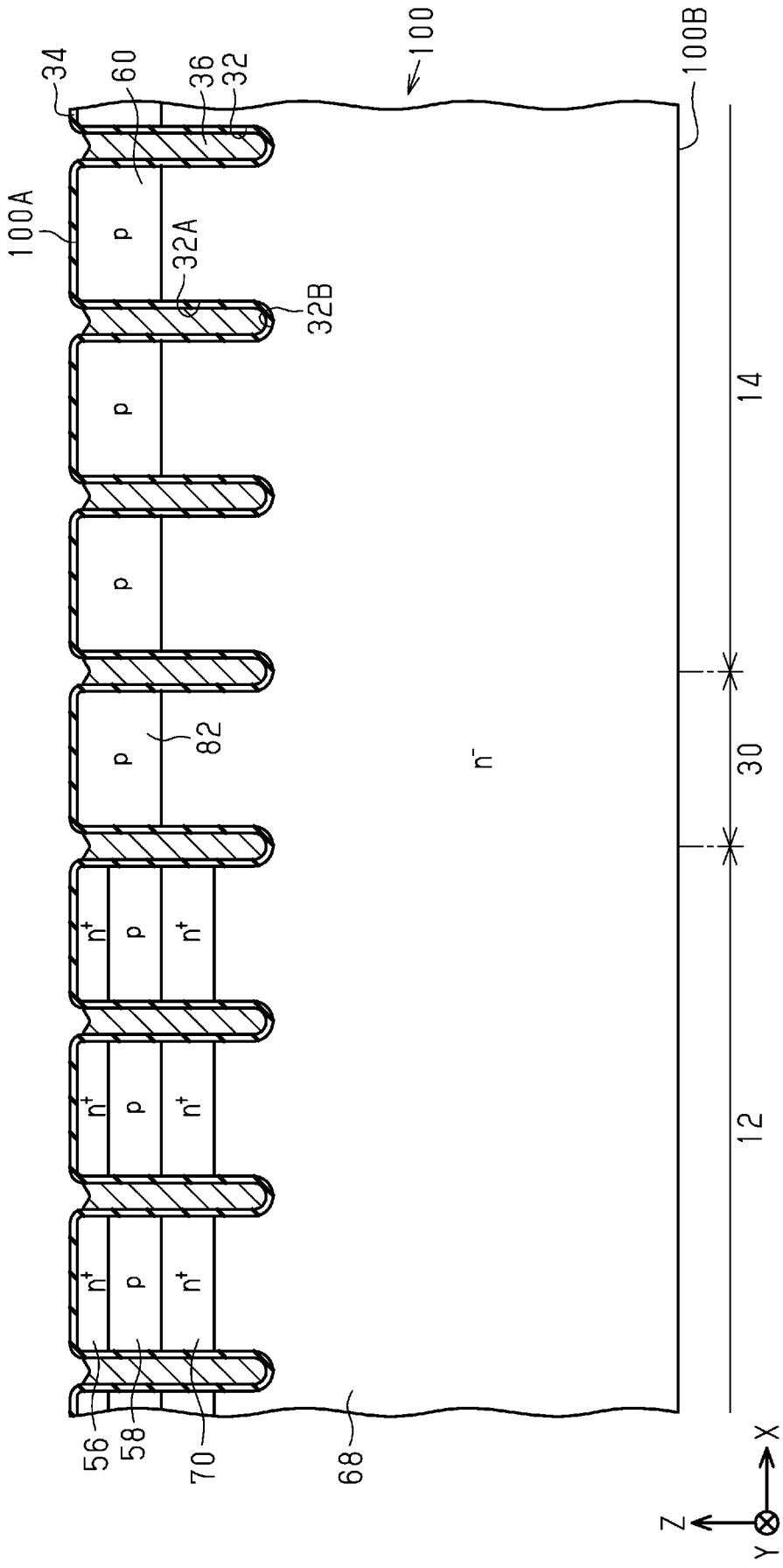
[図8]



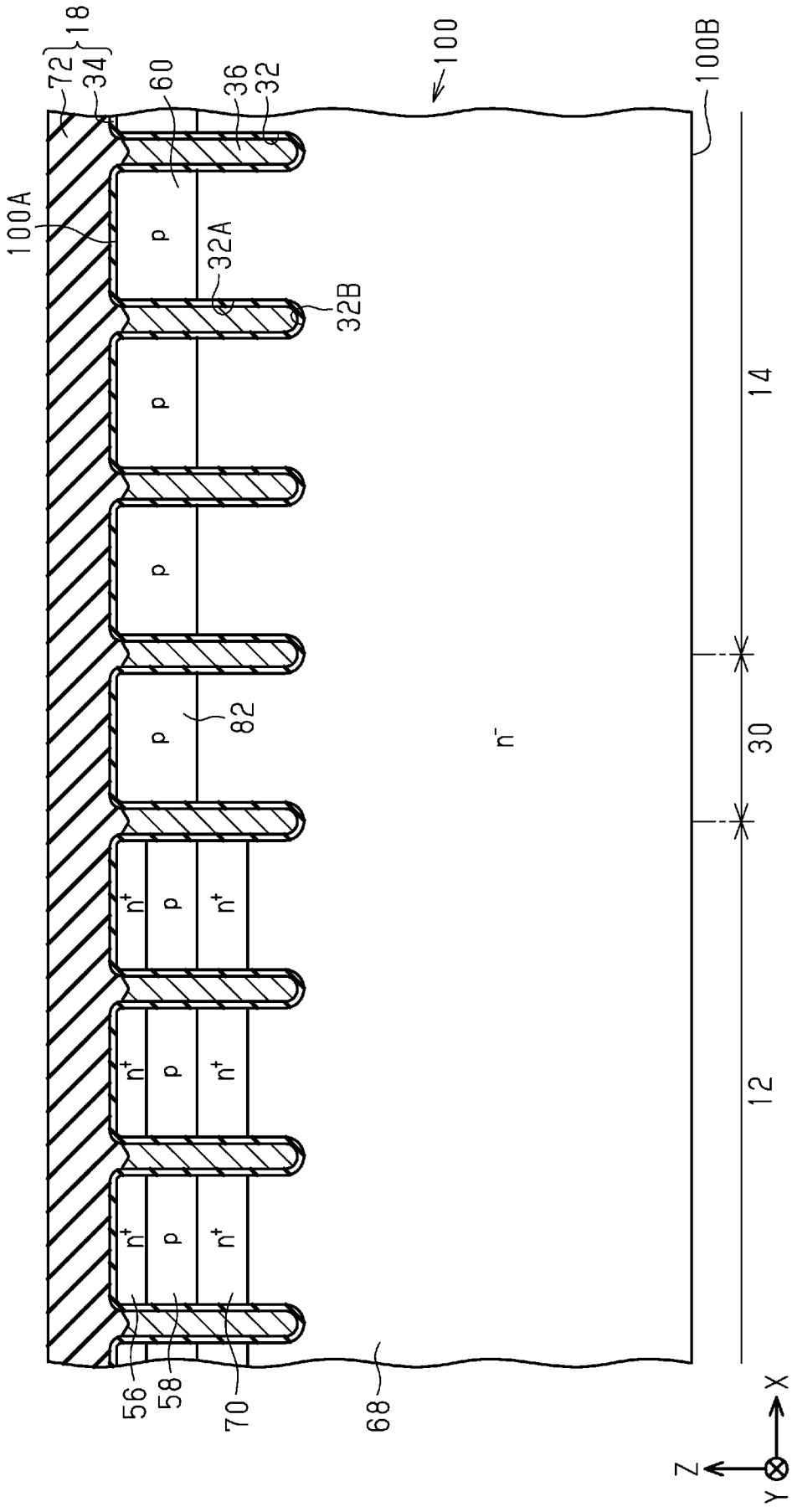
[図9]



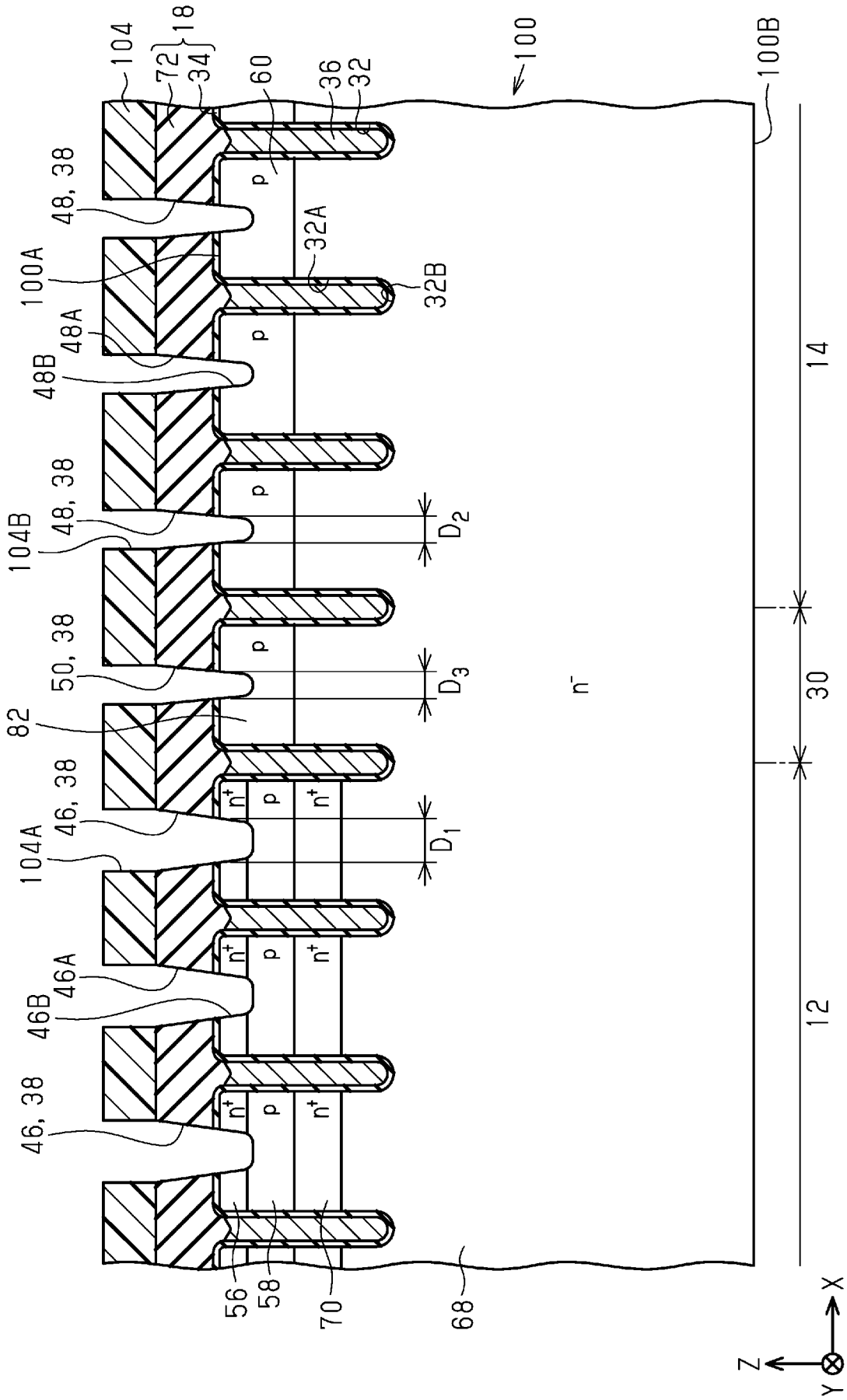
[図10]



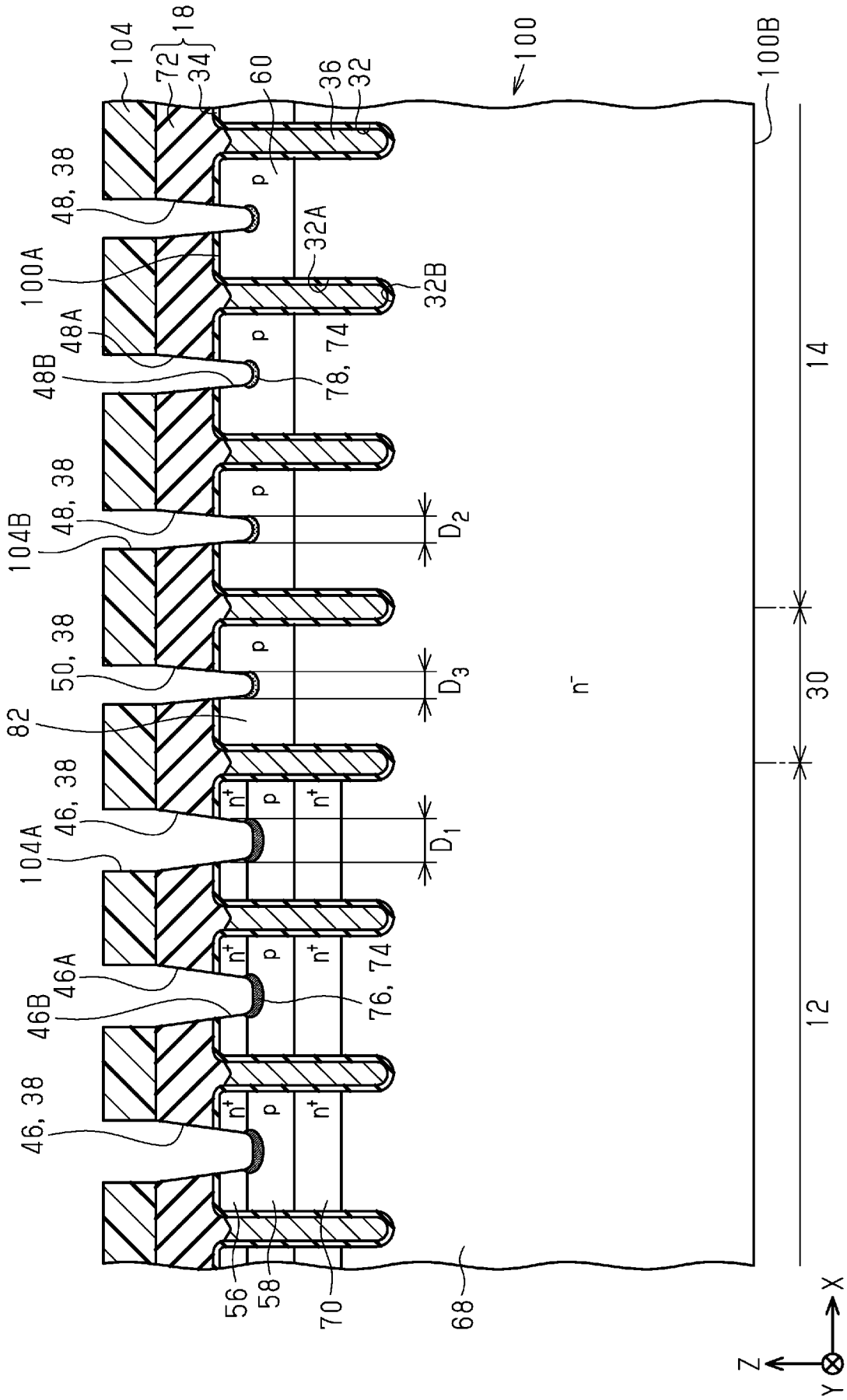
[図11]


18
72
34
60
36
32
100
100B
100A
p
32A
32B
14
82
n⁻
30
n+
12
56
58
70
68
X
Z
Y

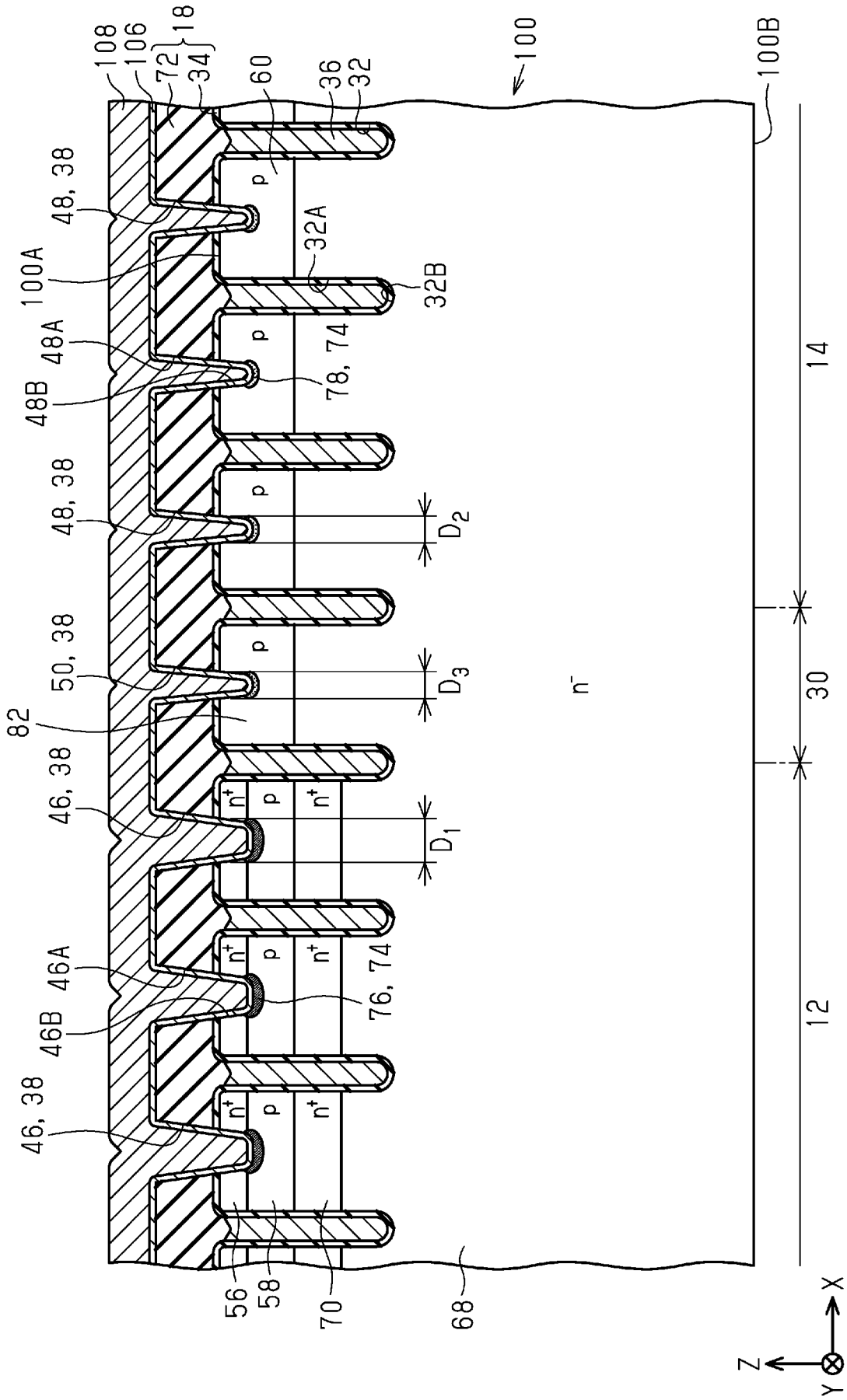
[図12]


104
72
34
18
60
36
32
100
100B
48, 38
100A
32A
32B
48A
48B
104B
D2
50, 38
D3
82
46, 38
104A
D1
46A
46B
n+
p
n-
14
30
12
56
58
70
68
X
Z
Y

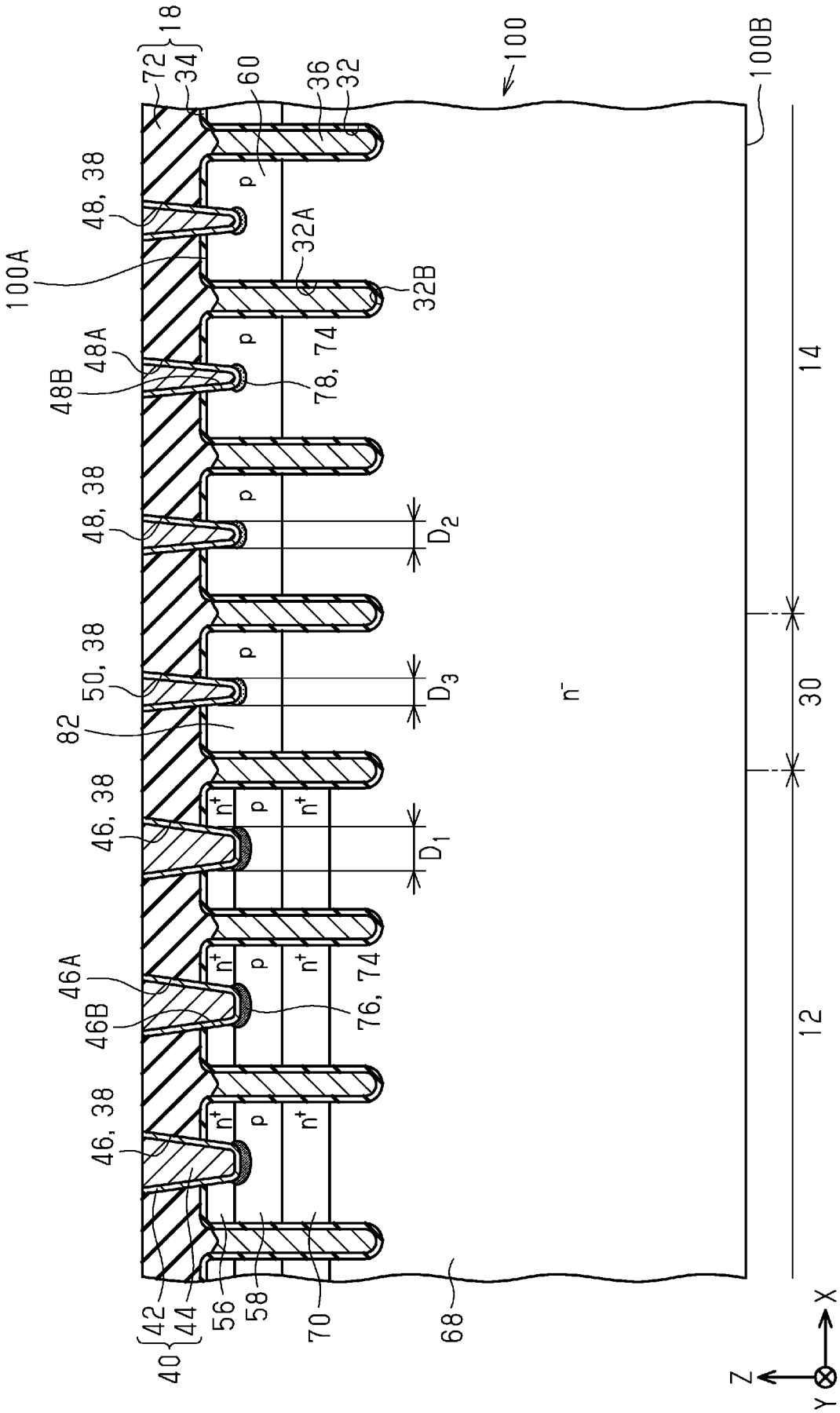
[図13]


104
72
34
18
60
36
32
100
100B
48, 38
100A
32A
32B
48A
48B
78, 74
14
104B
D_2
50, 38
D_3
82
30
46, 38
104A
D_1
46A
46B
76, 74
12
56
58
70
68
p
n^+
n^-
X
Y
Z

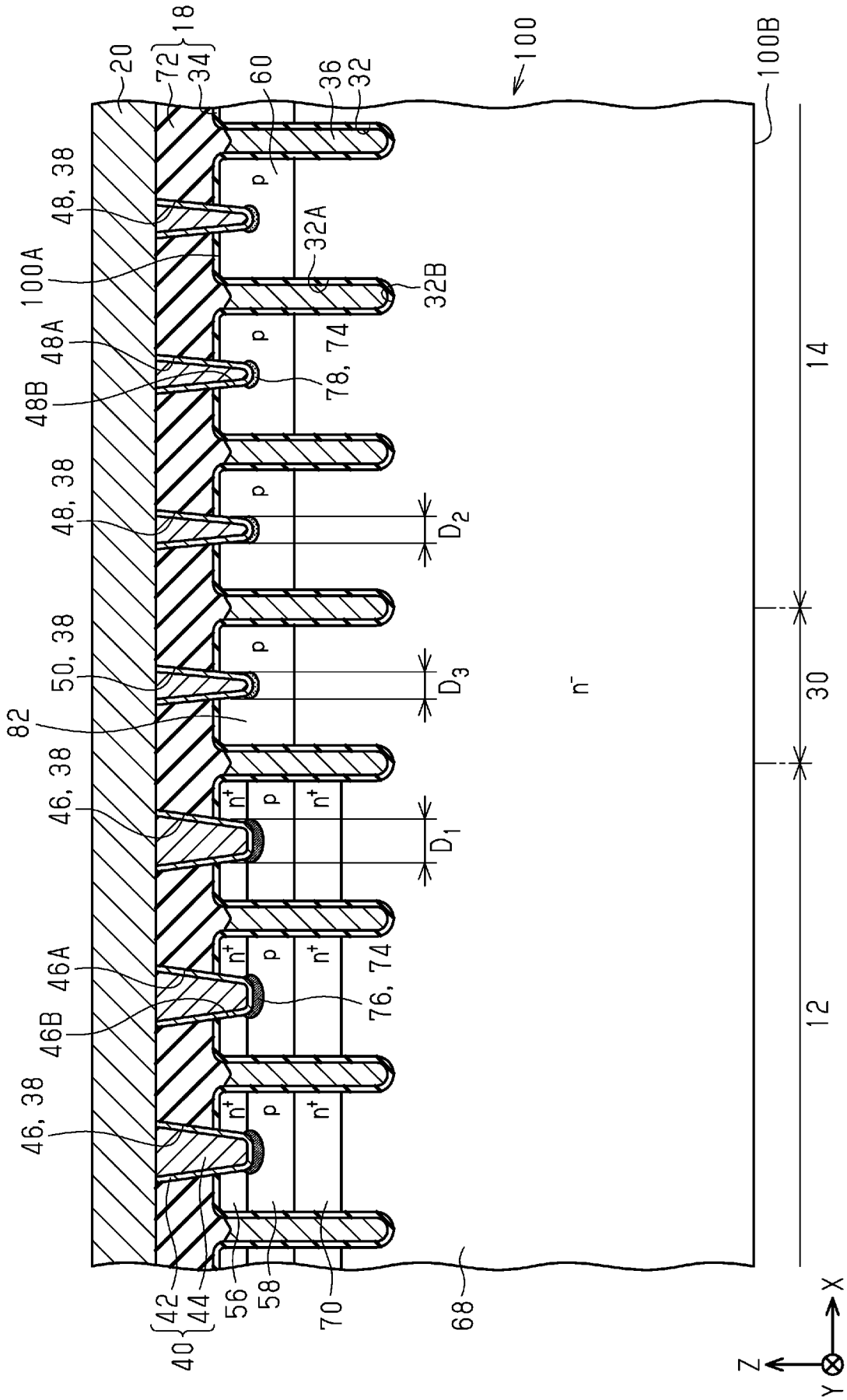
[図14]


108
106
72
34
18
60
36
32
100
100B
48, 38
100A
48A
48B
48, 38
50, 38
82
46, 38
46A
46B
46, 38
32A
32B
78, 74
76, 74
p
n+
n-
D1
D2
D3
14
30
12
56
58
70
68
X
Y
Z

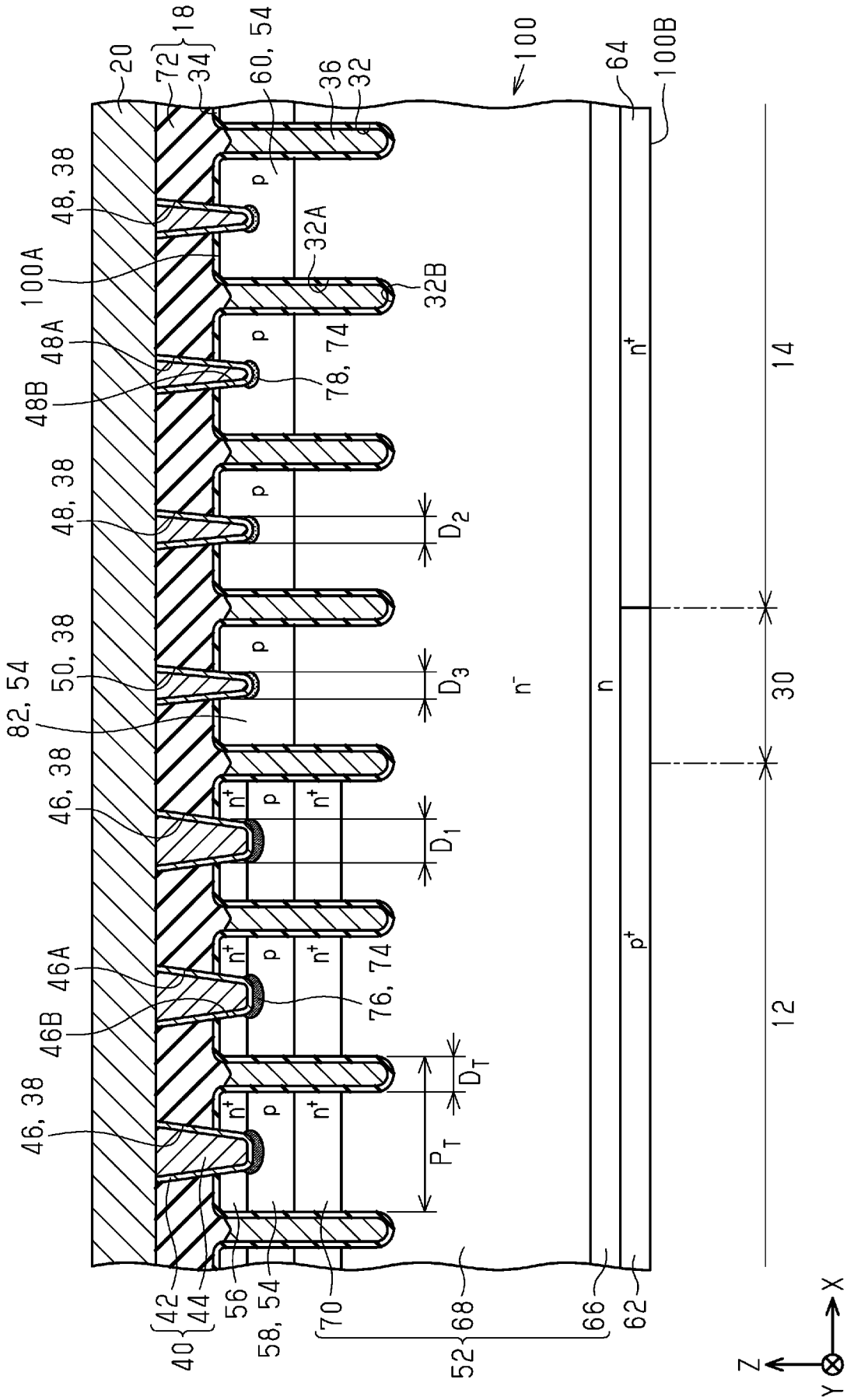
[図15]


18
72
34
60
36
32
100
100B
48, 38
100A
32A
32B
48A
48B
78, 74
48, 38
D2
50, 38
D3
82
n-
46, 38
D1
46A
46B
76, 74
46, 38
42
44
40
56
58
70
68
14
30
12
X
Y
Z

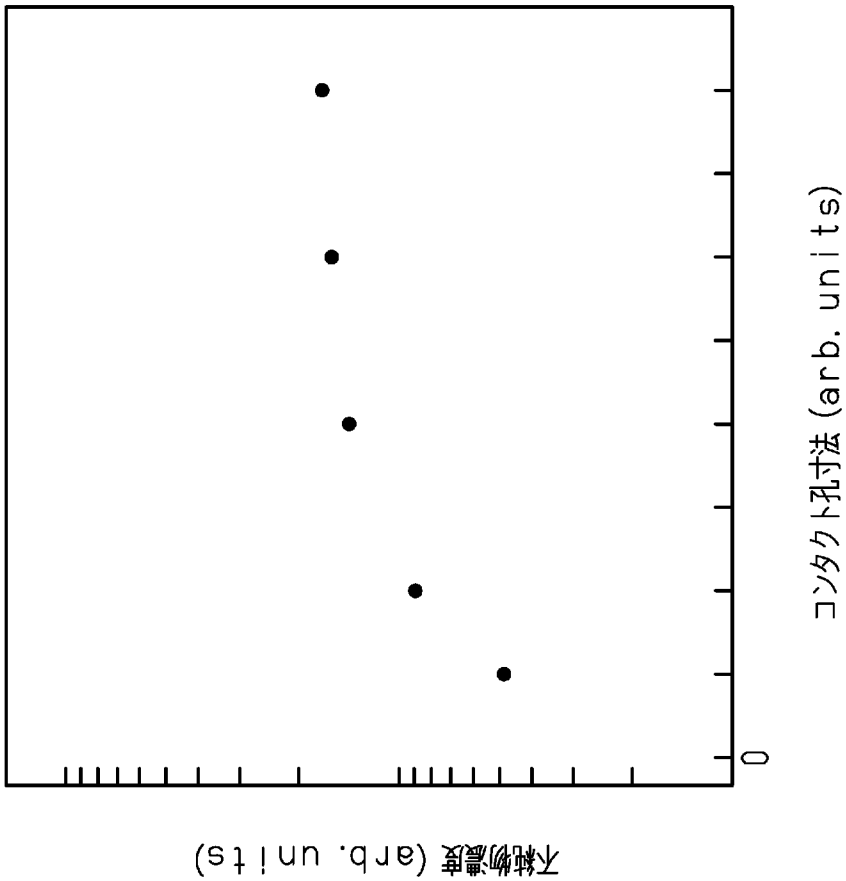
[図16]


20
72
34
18
60
36
32
100
100B
48, 38
100A
32A
32B
48A
48B
78, 74
48, 38
D2
50, 38
D3
82
46, 38
D1
46A
46B
76, 74
46, 38
42
44
40
56
58
70
68
p
n+
n-
14
30
12
X
Y
Z

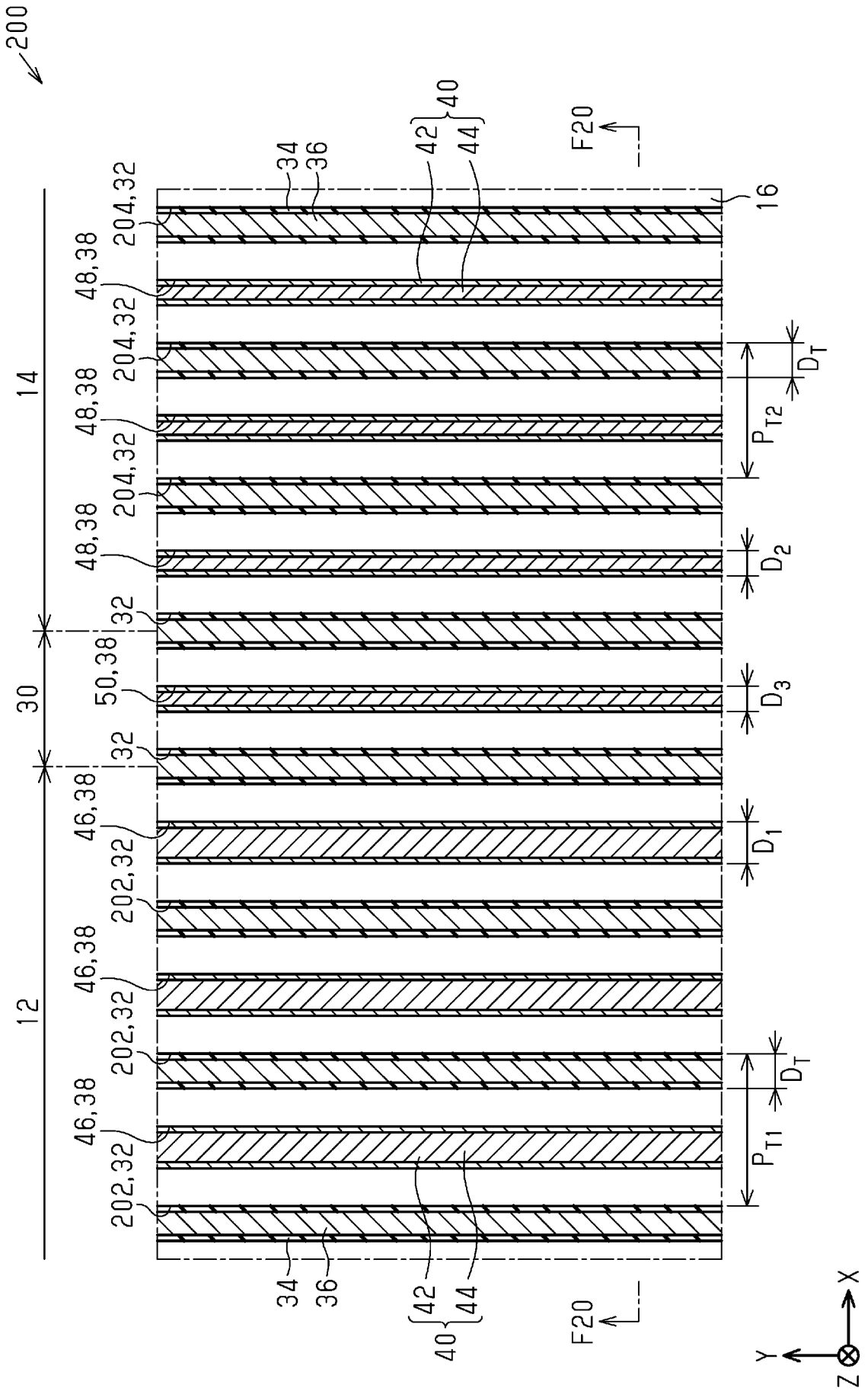
[図17]


20
72
34
18
60, 54
36
32
100
64
100B
48, 38
100A
32A
32B
48A
48B
78, 74
48, 38
D2
50, 38
82, 54
D3
46, 38
D1
46A
46B
76, 74
46, 38
DT
PT
p
n+
n-
n
p+
14
30
12
42
44
40
56
58, 54
70
68
52
66
62
X
Y
Z

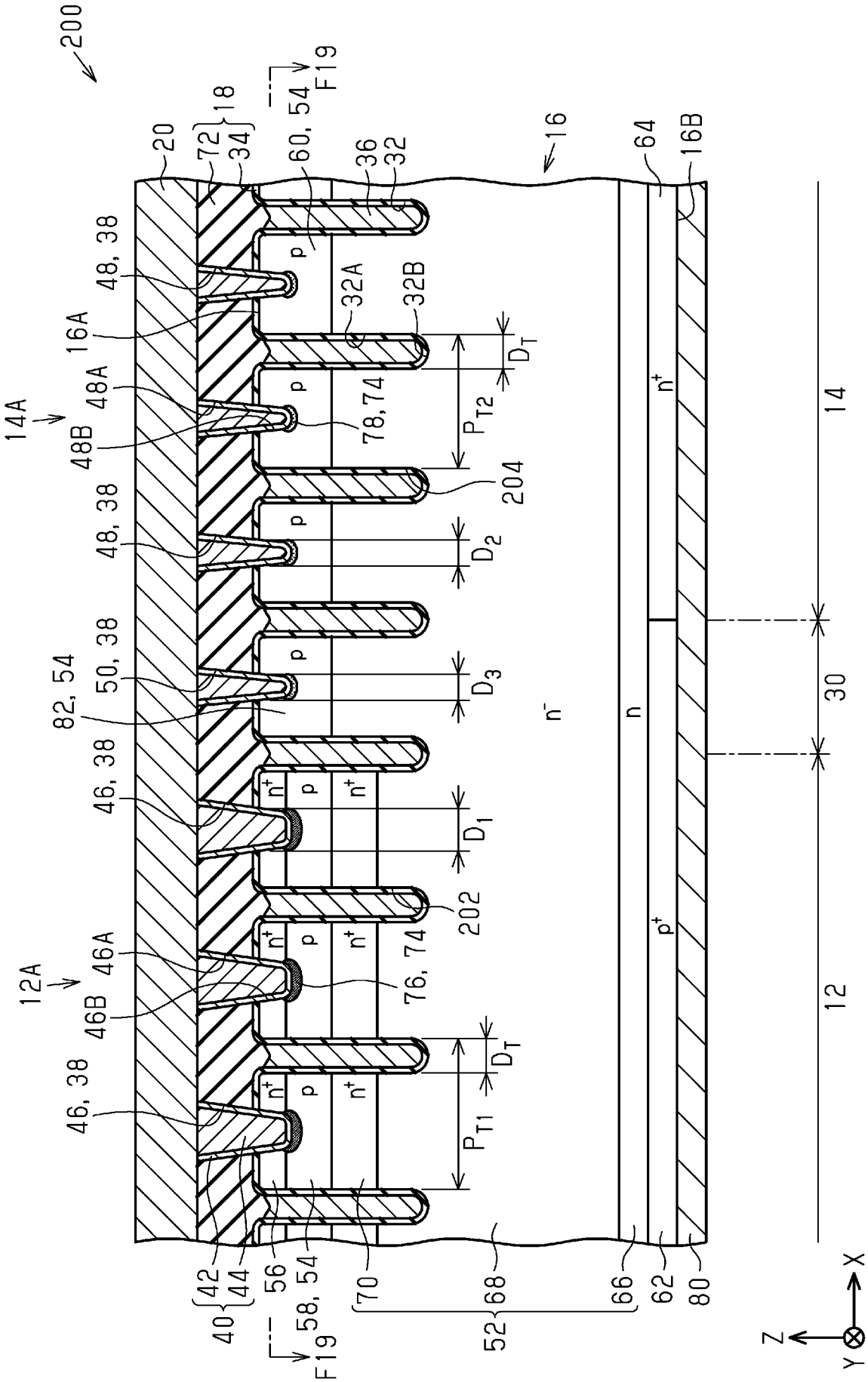
[図18]



[図19]


200
14
12
30
16
34
36
42
44
40
F20
204,32
48,38
202,32
46,38
50,38
32
D_T
P_{T2}
P_{T1}
D_2
D_3
D_1
X
Y
Z

[図20]


200
F19
18
20
72
34
60, 54
36
32
16
64
16B
48, 38
16A
48A
14A
48B
32A
32B
D_T
P_{T2}
78, 74
204
D_2
D_3
82, 54
50, 38
46, 38
D_1
202
12A
46A
46B
76, 74
P_{T1}
40
42
44
56
58, 54
70
68
66
62
80
52
p
n^+
n^-
n
p^+
14
30
12
X
Z
Y

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2024/003624

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 29/78(2006.01)i; ***H01L 21/336***(2006.01)i; ***H01L 29/12***(2006.01)i; ***H01L 29/739***(2006.01)i; ***H01L 29/861***(2006.01)i; ***H01L 29/868***(2006.01)i

FI: H01L29/78 652M; H01L29/78 652Q; H01L29/78 655F; H01L29/78 657D; H01L29/78 655G; H01L29/78 653C; H01L29/78 652J; H01L29/78 655A; H01L29/78 655D; H01L29/78 655B; H01L29/78 652D; H01L29/78 658F; H01L29/91 C; H01L29/78 652T; H01L29/91 F

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; H01L21/336; H01L29/12; H01L29/739; H01L29/861; H01L29/868

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

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	WO 2018/052099 A1 (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 22 March 2018 (2018-03-22) paragraphs [0020]-[0047], [0092]-[0102], [0104]-[0106], fig. 10-11	1-8, 10-14
Y		9, 15-20
Y	WO 2012/169053 A1 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) 13 December 2012 (2012-12-13) paragraphs [0019]-[0025], [0052], fig. 1-2	9
A		1-8, 15-20
Y	WO 2014/054319 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 10 April 2014 (2014-04-10) paragraphs [0069]-[0080], fig. 19-20	15-20
A		1-14

☑ 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	Date of mailing of the international search report
09 April 2024	**23 April 2024**

Name and mailing address of the ISA/JP	Authorized officer
Japan Patent Office (ISA/JP) **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2021-077813 A (DENSO CORPORATION) 20 May 2021 (2021-05-20) paragraphs [0027]-[0028], fig. 2-3	15-20
A		1-14
Y	JP 2014-192278 A (NEW JAPAN RADIO CO., LTD.) 06 October 2014 (2014-10-06) paragraphs [0012]-[0017], fig. 1-2	15-20
A		1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/003624

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2018/052099 A1	22 March 2018	US 2018/0366548 A1 paragraphs [0046]-[0073], [0118]-[0132], fig. 10-11 DE 112017000727 T5 CN 108780809 A	
WO 2012/169053 A1	13 December 2012	US 2014/0084335 A1 paragraphs [0044]-[0050], [0079], fig. 1-2 CN 103582936 A	
WO 2014/054319 A1	10 April 2014	US 2015/0255535 A1 paragraphs [0097]-[0108], fig. 19-20 DE 112013004846 T5 CN 104704635 A	
JP 2021-077813 A	20 May 2021	(Family: none)	
JP 2014-192278 A	06 October 2014	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2024/003624

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 21/336(2006.01)i; H01L 29/12(2006.01)i; H01L 29/739(2006.01)i; H01L 29/861(2006.01)i; H01L 29/868(2006.01)i
FI: H01L29/78 652M; H01L29/78 652Q; H01L29/78 655F; H01L29/78 657D; H01L29/78 655G; H01L29/78 653C; H01L29/78 652J; H01L29/78 655A; H01L29/78 655D; H01L29/78 655B; H01L29/78 652D; H01L29/78 658F; H01L29/91 C; H01L29/78 652T; H01L29/91 F

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; H01L21/336; H01L29/12; H01L29/739; H01L29/861; H01L29/868

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	WO 2018/052099 A1 (富士電機株式会社) 22.03.2018 (2018-03-22) 段落0020-0047,0092-0102,0104-0106, 図10-11	1-8,10-14
Y		9,15-20
Y	WO 2012/169053 A1 (トヨタ自動車株式会社) 13.12.2012 (2012-12-13) 段落0019-0025,0052, 図1-2	9
A		1-8,15-20
Y	WO 2014/054319 A1 (三菱電機株式会社) 10.04.2014 (2014-04-10) 段落0069-0080, 図19-20	15-20
A		1-14
Y	JP 2021-077813 A (株式会社デンソー) 20.05.2021 (2021-05-20) 段落0027-0028, 図2-3	15-20
A		1-14

☑ 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、一般的技術水準を示すもの
“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	国際調査報告の発送日
09.04.2024	23.04.2024

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
Y	JP 2014-192278 A（新日本無線株式会社）06.10.2014（2014-10-06） 段落0012-0017，図1-2	15-20
A		1-14

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/JP2024/003624

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2018/052099 A1	22.03.2018	US 2018/0366548 A1 段落0046-0073,0118-0132, 図10-11 DE 112017000727 T5 CN 108780809 A	
WO 2012/169053 A1	13.12.2012	US 2014/0084335 A1 段落0044-0050,0079, 図1-2 CN 103582936 A	
WO 2014/054319 A1	10.04.2014	US 2015/0255535 A1 段落0097-0108, 図19-20 DE 112013004846 T5 CN 104704635 A	
JP 2021-077813 A	20.05.2021	（ファミリーなし）	
JP 2014-192278 A	06.10.2014	（ファミリーなし）	