

(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
2022年3月31日(31.03.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/065002 A1

(51) 国際特許分類:

H01L 21/265 (2006.01) *H01L 29/872* (2006.01)
H01L 29/06 (2006.01) *H01L 29/861* (2006.01)
H01L 29/47 (2006.01) *H01L 29/868* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2021/032533

(22) 国際出願日: 2021年9月3日(03.09.2021)

(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 2020-160064 2020年9月24日(24.09.2020) 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).

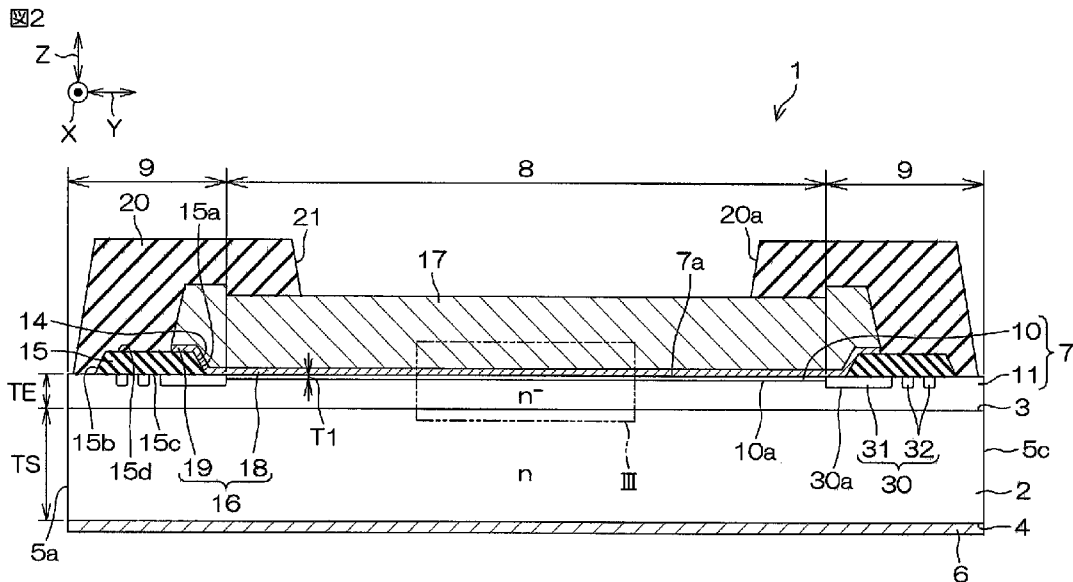
(72) 発明者: 上野 真弥 (UENO, Masaya); 〒6158585
京都府京都市右京区西院溝崎町2-1番地
ローム株式会社内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人あい特許
事務所 (AI ASSOCIATION OF PATENT AND
TRADEMARK ATTORNEYS); 〒5410054 大阪
府大阪市中央区南本町二丁目6番12号 サン
マリオンNBFタワー2-1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,

(54) Title: SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称: 半導体装置



(57) Abstract: This semiconductor device comprises: a semiconductor substrate which has a main surface; a semiconductor layer which is formed on the main surface of the semiconductor substrate, and which comprises a low concentration layer of a first conductivity type, said low concentration layer being in contact with the main surface of the semiconductor substrate, and a high concentration layer of the first conductivity type, said high concentration layer having a higher impurity concentration than the low concentration layer, while being formed on a surface layer part of a surface of the semiconductor layer, said surface being on the reverse side from the main surface; and a Schottky electrode which is formed on the surface of the semiconductor layer, and which forms a Schottky junction part with the high concentration layer.

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

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

添付公開書類:

- 一 国際調査報告(条約第21条(3))

(57) 要約: 半導体装置は、主面を有する半導体基板と、前記半導体基板の前記主面上に形成された半導体層であって、前記半導体基板の前記主面に接する第1導電型の低濃度層、および、当該半導体層において前記主面とは反対側の表面の表層部に形成され、前記低濃度層よりも不純物濃度が高い第1導電型の高濃度層を含む半導体層と、前記半導体層の前記表面上に形成され、前記高濃度層とショットキー接合部を形成するショットキー電極とを含む。

明 細 書

発明の名称：半導体装置

技術分野

[0001] 本発明は、ショットキーバリアダイオードを備える半導体装置に関する。

背景技術

[0002] ショットキーバリアダイオードにおいて、通常、ショットキーバリアを形成するバリアメタルを種々選択することによりバリアハイトの調整が行われている。バリアハイトを調整することで順方向の電圧降下や逆方向のリーク電流の値が調整される。しかしながら、バリアメタルの種類は有限であるため所望のバリアハイトに調整するのは容易ではない。

[0003] 下記特許文献1に開示されたショットキーバリアダイオードでは、基板に由来するシリコンと第1バリアメタルの薄膜に由来する第1バリアメタルとの反応によって形成されたシリサイド層に、第2バリアメタル膜に由来する第2バリアメタルが導入されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2003-257888号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献1のショットキーバリアダイオードでは、シリサイド層を形成する熱処理温度を一定に管理することが難しく、バリアハイトの調整幅に限界がある。

[0006] そこで、本発明の1つの目的は、バリアハイトが低減された半導体処理装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本開示の半導体装置は、主面を有する半導体基板と、前記半導体基板の前記主面上に形成された半導体層であって、前記半導体基板の前記主面に接す

る第1導電型の低濃度層、および、当該半導体層において前記主面とは反対側の表面の表層部に形成され、前記低濃度層よりも不純物濃度が高い第1導電型の高濃度層を含む半導体層と、前記半導体層の前記表面上に形成され、前記高濃度層とショットキー接合部を形成するショットキー電極とを含む。

[0008] この構成によれば、ショットキー接合部が、半導体層において、低濃度層よりも不純物濃度が高い高濃度層とショットキー電極との間に形成される。そのため、低濃度層とショットキー電極との間に形成されるショットキー接合部と比較して、バリアハイトを低減できる。

[0009] 本発明における上述の、またはさらに他の目的、特徴および効果は、添付図面を参照して次に述べる実施形態の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、第1実施形態に係るショットキーバリアダイオードの要部の平面図である。

[図2]図2は、図1に示すⅠ-Ⅰ線に沿う断面図である。

[図3]図3は、図2に示すⅠ-Ⅰ領域の拡大図である。

[図4]図4は、エピタキシャル層においてショットキーメタルとの間にショットキー接合部を形成する部分のn型不純物濃度と、ショットキーバリアダイオードの閾値電圧との関係を示すグラフである。

[図5]図5は、前記ショットキーバリアダイオードの製造方法のフローチャートである。

[図6A]図6Aは、前記ショットキーバリアダイオードの第1変形例の断面図である。

[図6B]図6Bは、図6Aに示すV-V線領域を拡大した図である。

[図7A]図7Aは、前記ショットキーバリアダイオードの第2変形例の要部の平面図である。

[図7B]図7Bは、図7Aに示すV-V-B-V-V-B線に沿う断面図である。

[図7C]図7Cは、図7Bに示すV-V-C領域を拡大した図である。

[図8]図8は、第2実施形態に係るショットキーバリアダイオードの要部の平

面図である。

[図9]図9は、図8に示すI X-I X線に沿う断面図である。

[図10]図10は、図9に示すX領域の拡大図である。

[図11]図11は、第2実施形態の第1変形例に係るショットキーバリアダイオードの要部の平面図である。

[図12]図12は、第2実施形態の第2変形例に係るショットキーバリアダイオードの要部の平面図である。

[図13]図13は、第3実施形態に係るショットキーバリアダイオードの要部の平面図である。

[図14]図14は、図13に示すX I V-X I V線に沿う断面図である。

[図15]図15は、図14に示すX V領域の拡大図である。

[図16A]図16Aは、第3実施形態に係るショットキーバリアダイオードに含まれる内側不純物領域の周囲の電圧降下について説明するための回路図である。

[図16B]図16Bは、前記内側不純物領域の周囲の電圧降下について説明するための断面図である。

[図17]図17は、第3実施形態に係るショットキーバリアダイオードの製造方法のフローチャートである。

[図18A]図18Aは、第3実施形態に係るショットキーバリアダイオードの製造方法において、不純物領域および格子欠陥領域が形成される様子を説明するための模式図である。

[図18B]図18Bは、前記不純物領域および前記格子欠陥領域が形成される様子を説明するための模式図である。

[図18C]図18Cは、前記不純物領域および前記格子欠陥領域が形成される様子を説明するための模式図である。

[図19]図19は、第3実施形態に係るショットキーバリアダイオードの第1変形例の断面図である。

[図20]図20は、第3実施形態に係るショットキーバリアダイオードの第2

変形例の断面図である。

[図21]図 2 1 は、第 3 実施形態に係るショットキーバリアダイオードの第 3 変形例の断面図である。

[図22A]図 2 2 A は、第 3 実施形態の第 3 変形例のショットキーバリアダイオードの製造方法において、前記不純物領域および前記格子欠陥領域が形成される様子を説明するための模式図である。

[図22B]図 2 2 B は、第 3 実施形態の第 3 変形例のショットキーバリアダイオードの製造方法において、前記不純物領域および前記格子欠陥領域が形成される様子を説明するための模式図である。

[図22C]図 2 2 C は、第 3 実施形態の第 3 変形例のショットキーバリアダイオードの製造方法において、前記不純物領域および前記格子欠陥領域が形成される様子を説明するための模式図である。

発明を実施するための形態

[0011] <第 1 実施形態>

図 1 は、第 1 実施形態に係る半導体装置としてのショットキーバリアダイオード 1 の要部の平面図である。図 2 は、図 1 に示す I-I' 線に沿う断面図である。図 3 は、図 2 に示す III 領域の拡大図である。

[0012] 図 1 では、後述するフィールド絶縁膜 15、ショットキーメタル 16、アノード電極 17、パッシベーション層 20 が取り除かれている。以下は、図 1～図 3 を参照して、ショットキーバリアダイオード 1 の構成について説明する。

[0013] ショットキーバリアダイオード 1 は、4H-SiC（絶縁破壊電界が約 2.8 MV/cm であり、バンドギャップの幅が約 3.26 eV のワイドバンドギャップ半導体）が採用されたショットキーバリアダイオードであり、たとえば、平面視正方形のチップ状である。チップ状のショットキーバリアダイオード 1 の各辺の長さは 0.5 mm～20 mm である。すなわち、ショットキーバリアダイオード 1 のチップサイズは、たとえば、0.5 mm/□～20 mm/□である。

- [0014] ショットキーバリアダイオード1は、n型（第1導電型）のSiCからなる半導体基板2を備えている。すなわち、半導体基板2は、SiC基板である。また、半導体基板2のオフ角は、4°以下であることが好ましい。なお、n型不純物としては、たとえば、N（窒素）、P（リン）、As（ひ素）等が用いられる。
- [0015] 半導体基板2は、一方側の第1主面3（図2を参照）、他方側の第2主面4（図2を参照）、ならびに、第1主面3および第2主面4を接続する側面5a、5b、5c、5dを有している。第1主面3および第2主面4は、それらの法線方向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（この形態では正形状）に形成されている。
- [0016] 側面5aおよび側面5cは、この形態では、第1方向Xに沿って延び、第1方向Xに交差する第2方向Yに互いに対向している。側面5bおよび側面5dは、この形態では、第2方向Yに沿って延び、第1方向Xに互いに対向している。第2方向Yは、より具体的には第1方向Xに直交する方向である。
- [0017] ショットキーバリアダイオード1は、半導体基板2の第2主面4の全域を覆うように形成されたオーミック電極としてのカソード電極6をさらに備えている。カソード電極6は、n型のSiCとオーミック接合する金属からなる。n型SiCとオーミック接合する金属としては、たとえば、Ti/Ni/AgやTi/Ni/Au/Agが挙げられる。
- [0018] ショットキーバリアダイオード1は、半導体基板2の第1主面3に形成されたn型SiCからなるエピタキシャル層7をさらに備えている。エピタキシャル層7は、半導体層の一例である。
- [0019] 半導体基板2の厚さTSは、40μm以上150μm以下であってもよい。厚さTSは、40μm以上50μm以下、50μm以上60μm以下、60μm以上70μm以下、70μm以上80μm以下、80μm以上90μm以下、90μm以上100μm以下、100μm以上110μm以下、110μm以上120μm以下、120μm以上130μm以下、130μm

以上 $140\text{ }\mu\text{m}$ 以下または $140\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $150\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよい。

厚さ T_S は、 $40\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $130\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

[0020] エピタキシャル層 7 の厚さ T_E は、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよい。厚さ T_E は、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以下、 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $15\text{ }\mu\text{m}$ 以下、 $15\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下、 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $25\text{ }\mu\text{m}$ 以下、 $25\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以下、 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $35\text{ }\mu\text{m}$ 以下、 $35\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $40\text{ }\mu\text{m}$ 以下、 $40\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $45\text{ }\mu\text{m}$ 以下または $45\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよい。厚さ T_E は、 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $15\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

[0021] エピタキシャル層 7 は、半導体基板 2 の第 1 主面 3 に接する低濃度層 11 と、エピタキシャル層 7 において第 1 主面 3 とは反対側の表面 7a の表層部に形成された高濃度層 10 とを含む。高濃度層 10 は、エピタキシャル層 7 において、 n 型不純物が注入された領域である。低濃度層 11 は、エピタキシャル層 7 において、 n 型不純物の注入が行われていない領域である。そのため、高濃度層 10 および低濃度層 11 は、 n 型不純物の注入によって形成される。

[0022] 低濃度層 11 の n 型不純物濃度は、半導体基板 2 の n 型不純物濃度よりも低い。高濃度層 10 の n 型不純物濃度は、低濃度層 11 の n 型不純物濃度よりも高い。高濃度層 10 の n 型不純物濃度は、半導体基板 2 の不純物濃度と等しくてもよい。半導体基板 2 の n 型不純物濃度は、 $1.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1.0 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ 以下であってもよい。低濃度層 11 の n 型不純物濃度は、 $1.0 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下であってもよい。低濃度層 11 の n 型不純物濃度は、 $1.0 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1.0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 未満であることが好ましい。高濃度層 10 の n 型不純物濃度は、たとえば、 $1.0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1.0 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以下である。

[0023] n 型不純物としては、たとえば、 N （窒素）、 P （リン）、 As （ヒ素）等が用いられる。高濃度層 10 の n 型不純物と低濃度層 11 の n 型不純物とは異なってもよい。たとえば、半導体基板 2 の n 型不純物として、ヒ素

を用い、高濃度層 10 の n 型不純物としてリンを用い、低濃度層 11 の n 型不純物として窒素を用いてもよい。

[0024] 高濃度層 10 の厚さ T1 は、エピタキシャル層 7 の厚さ TE よりも小さい。高濃度層 10 の厚さ T1 は、たとえば、0.1 μm 以上 0.2 μm 以下である。

[0025] エピタキシャル層 7 の表面 7a には、アクティブ領域 8 および非アクティブ領域 9 が設定されている。アクティブ領域 8 は、平面視において半導体基板 2 の側面 5a ~ 5d から内方領域に間隔を空けてエピタキシャル層 7 の中央部に設定されている。アクティブ領域 8 は、平面視において、半導体基板 2 の側面 5a ~ 5d に平行な 4 辺を有する四角形状に設定されている。

[0026] 非アクティブ領域 9 は、半導体基板 2 の側面 5a ~ 5d およびアクティブ領域 8 の周縁の間に設定されている。非アクティブ領域 9 は、平面視においてアクティブ領域 8 を取り囲む無端状（この形態では四角環状）に設定されている。

[0027] ショットキーバリアダイオード 1 は、非アクティブ領域 9 においてエピタキシャル層 7 の表面 7a の表層部に形成された p⁺ 型（第 2 導電型）のガード領域 30 をさらに備える。ガード領域 30 は、平面視においてアクティブ領域 8 を取り囲む無端状（たとえば四角環状、角を面取りした四角環状または円環状）に形成されている。これにより、ガード領域 30 は、ガードリング領域として形成されている。アクティブ領域 8 は、この形態では、ガード領域 30 の内方端によって画定されている。

[0028] ガード領域 30 は、幅広の第 1 ガード領域 31 と、第 1 ガード領域 31 を取り囲み第 1 ガード領域 31 よりも幅狭である複数（図 1 の例では 2 つ）の第 2 ガード領域 32 とを含む。複数の第 2 ガード領域 32 は、第 1 ガード領域 31 の外方端から等間隔を隔てて設けられている。図 1 の例とは異なり、ガード領域 30 が単一の無端状（たとえば四角環状、角を面取りした四角環状または円環状）の領域によって構成されていてもよい。

[0029] 高濃度層 10 は、アクティブ領域 8 に内に形成されている。図 2 の例では

、高濃度層 10 は、アクティブ領域 8 の全域においてエピタキシャル層 7 の表面 7 a の表層部に形成されている。そのため、高濃度層 10 は、平面視において、第 1 ガード領域 31 の内方端部の全域と接している。最も内側の第 2 ガード領域 32 は、平面視において、低濃度層 11 を介して、第 1 ガード領域 31 と対向している。隣接する第 2 ガード領域 32 同士は、平面視において、低濃度層 11 を介して、互いに対向している。

[0030] 高濃度層 10 の底部 10 a は、ガード領域 30 の底部 30 a（厳密には、第 1 ガード領域 31 の底部）よりもエピタキシャル層 7 の表面 7 a 側に位置している。

[0031] ショットキーバリアダイオード 1 は、エピタキシャル層 7 の表面 7 a 上に形成された環状のフィールド絶縁膜 15 をさらに備える。フィールド絶縁膜 15 は、非アクティブ領域 9 においてエピタキシャル層 7 の表面 7 a の一部を覆っている。フィールド絶縁膜 15 は、エピタキシャル層 7 の表面 7 a の一部を露出させる開口 14 を有する。

[0032] アクティブ領域 8 のアクティブサイズは、たとえば、 0.1 mm^2 以上 400 mm^2 以下である。フィールド絶縁膜 15 は、たとえば、 SiO_2 （酸化シリコン）または SiN （窒化シリコン）層からなる単層構造を有していてもよい。フィールド絶縁膜 15 の厚さは、たとえば、 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $3\text{ }\mu\text{m}$ 以下である。

[0033] フィールド絶縁膜 15 は、フィールド絶縁膜 15 の内側に向かうに従ってエピタキシャル層 7 側に向かうようにエピタキシャル層 7 の表面 7 a に対して傾斜する内側面 15 a と、フィールド絶縁膜 15 の外側に向かうに従ってエピタキシャル層 7 側に向かうようにエピタキシャル層 7 の表面 7 a に対して傾斜する外側面 15 b と、内側面 15 a および外側面 15 b を連結しエピタキシャル層 7 の表面 7 a と平行に延びる第 1 連結面 15 c および第 2 連結面 15 d とを有する。第 1 連結面 15 c は、エピタキシャル層 7 の表面 7 a と接している。第 2 連結面 15 d は、第 1 連結面 15 c に対してエピタキシャル層 7 とは反対側に位置している。

- [0034] ショットキーバリアダイオード1は、エピタキシャル層7の表面7a上に形成されたショットキー電極としてのショットキーメタル16と、ショットキーメタル16上に形成されたアノード電極17とを含む。
- [0035] ショットキー接合部SJは、ショットキーメタル16とエピタキシャル層7との接触界面付近に形成される。ショットキー接合部SJは、ショットキーメタル16と高濃度層10との間で形成される第1ショットキー接合部SJ1を含む。
- [0036] ショットキーメタル16としては、たとえば、Ti、Ni、Al、Mo等を用いることができる。ショットキーメタル16は、アクティブ領域8においてエピタキシャル層7の表面7aを被覆する第1被覆部18と、フィールド絶縁膜15を被覆する第2被覆部19とを含む。第2被覆部19は、フィールド絶縁膜15の内側面15aの全体と、第2連結面15dの一部とを覆っている。第2連結面15dにおいて第2被覆部19によって被覆されている部分は、第2連結面15dにおいて第2被覆部19よりも外側に位置する部分よりも、平面視において小さい。
- [0037] 第1ガード領域31は、ショットキーメタル16およびフィールド絶縁膜15と接しており、複数の第2ガード領域32は、フィールド絶縁膜15と接している。
- [0038] アノード電極17は、たとえば、Ti、Ni、Al、Mo、導電性ポリシリコンのうちの少なくとも1つの種を含んでもよい。
- [0039] ショットキーバリアダイオード1は、アノード電極17の上に形成されたパッシベーション層20をさらに備える。パッシベーション層20は、絶縁層である。パッシベーション層20は、酸化シリコン層または窒化シリコン層からなる単層構造を有していてもよいし、酸化シリコン層および窒化シリコン層を含む積層構造を有していてもよい。パッシベーション層20が積層構造を有している場合、酸化シリコン層が、窒化シリコン層の上に形成されていてもよいし、窒化シリコン層が、酸化シリコン層の上に形成されていてもよい。パッシベーション層20は、この形態では、窒化シリコン層からな

る単層構造を有している。

[0040] パッシベーション層20は、平面視において半導体基板2の側面5a～5dから内方領域に間隔を空けて形成されている。パッシベーション層20には、アノード電極17の一部をパッド領域として露出させるサブパッド開口21が形成されている。

[0041] 図4は、エピタキシャル層7においてショットキーメタル16との間にショットキー接合部SJ形成する部分のn型不純物濃度と、ショットキーバリアダイオード1の閾値電圧 V_{th} との関係を示すグラフである。

[0042] ショットキー接合部の順方向の立ち上がり電圧（閾値電圧 V_{th} ）は、バリアハイトが大きいほど大きい。図4に示すように、エピタキシャル層7においてショットキーメタル16との間にショットキー接合部SJを形成する部分のn型不純物濃度が高いほど、閾値電圧 V_{th} は小さくなる。n型不純物濃度が $1.0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上であれば、閾値電圧 V_{th} を十分に小さく、具体的には、0.93V以下に調整することができる。上述したように、高濃度層10のn型不純物濃度は、たとえば、 $1.0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1.0 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以下であるため、閾値電圧を十分に小さくすることができる。

[0043] 一方、上述したように、低濃度層11のn型不純物濃度は、たとえば、 $1.0 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1.0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 未満である。そのため、この実施形態とは異なり、ショットキーメタル16と低濃度層11とがショットキー接合部SJを形成する構成では、閾値電圧 V_{th} は、0.95Vよりも大きい。

[0044] すなわち、第1実施形態のように高濃度層10とショットキーメタル16との間にショットキー接合部SJを形成する構成では、ショットキーメタル16と低濃度層11との間にショットキー接合部SJを形成する構成と比較して、バリアハイトを低減できる。

[0045] エピタキシャル層7の表層部へのn型不純物の注入度合を調整することで、バリアハイトを自在に調整できる。すなわち、ショットキーバリアダイオ

ード1の設計の自由度が向上する。たとえば、 n 型不純物濃度を $1.0 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ に調整すれば、閾値電圧 V_{th} を 0.82 V 程度に調整することができる。

[0046] 逆方向電圧の印加時にガード領域30によって形成される空乏層は、ガード領域30（図2の例では第1ガード領域31の内方端部）の内方端部が低濃度層11と接している部分から効果的に広がる。したがって、逆方向電圧の印加時にガード領域30によって形成される空乏層は、ガード領域30（図2の例では第1ガード領域31の内方端）の内方端が高濃度層10のみと接している場合と比較して、ガード領域30の内方端部が低濃度層11および高濃度層10の両方と接している場合に広がりやすい。

[0047] 第1実施形態のように、低濃度層11よりも n 型不純物濃度が高い高濃度層10の底部10aがガード領域30の底部30a（図2の例では第1ガード領域31の底部）よりもエピタキシャル層7の表面7a側に位置している構成であれば、ガード領域30の内方端が低濃度層11および高濃度層10の両方と接している。そのため、逆方向電圧の印加時にガード領域30の内側に空乏層を広げることができる。これにより、高濃度層10を設けることに起因するサージ耐圧の低下を抑制できる。

[0048] 次に、ショットキーバリアダイオード1の製造方法について説明する。図5は、図1に示すショットキーバリアダイオード1の製造方法の一例を説明するためのフローチャートである。

[0049] ショットキーバリアダイオード1を製造するにあたり、まず、半導体基板2が準備される（ステップS1）。次に、半導体基板2の第1主面3から n 型のエピタキシャル層7が成長される（ステップS2）。次に、たとえばイオン注入マスクを介してエピタキシャル層7の表面7aの表層部に n 型不純物が注入される。それによって、高濃度層10および低濃度層11が形成される（ステップS3）。次に、たとえばイオン注入マスクを介する p 型不純物の注入によって、ガード領域30が形成される（ステップS4）。

[0050] そして、たとえば、CVD（Chemical Vapor Deposition：化学気相成長）

法により、フィールド絶縁膜 15 がエピタキシャル層 7 上に形成される（ステップ S 5）。次に、たとえばスパッタ法により、ショットキーメタル 16 がフィールド絶縁膜 15 上に形成される（ステップ S 6）。次に、たとえばスパッタ法により、アルミニウム等がアノード電極 17 上に形成される（ステップ S 7）。次に、たとえば CVD 法により、パッシベーション層 20 がアノード電極 17 上に形成される（ステップ S 8）。そして、最後に、たとえば、スパッタ法により、半導体基板 2 の第 2 主面 4 の全域にカソード電極 6 が形成される（ステップ S 9）。

[0051] 次に、図 6 A～図 7 C を参照して、ショットキーバリアダイオード 1 の第 1 変形例および第 2 変形例について説明する。

[0052] 図 6 A は、第 1 変形例に係るショットキーバリアダイオード 1 の断面図である。図 6 B は、図 6 A に示す V I B 領域を拡大した図である。図 6 A は、図 2 と同じ部分の断面図である。図 6 A および図 6 B において、前述の図 1～図 5 に示された構成と同等の構成については、図 1 等と同一の参照符号を付してその説明を省略する。

[0053] 第 1 変形例に係るショットキーバリアダイオード 1 では、高濃度層 10 が、アクティブ領域 8 だけでなく、非アクティブ領域 9 においても、エピタキシャル層 7 の表面 7 a の表層部に形成されている。高濃度層 10 は、エピタキシャル層 7 の側面から露出している。

[0054] 詳しくは、高濃度層 10 は、第 1 ガード領域 31 の内方端部よりも内側の第 1 領域 41 と、第 1 ガード領域 31 および最も内側の第 2 ガード領域 32 の間の第 2 領域 42 と、隣接する第 2 ガード領域 32 同士の間第 3 領域 43 と、最も外側の第 2 ガード領域 32 の外方端部よりも外側の第 4 領域 44 とを含む。

[0055] 第 1 領域 41 は、平面視において、第 1 ガード領域 31 の内方端部の全域と接している。第 2 領域 42 は、第 1 ガード領域 31 の外方端部と、最も内側の第 2 ガード領域 32 の内方端部とに接する。第 3 領域 43 は、互いに隣接する第 2 ガード領域 32 のうちの内側の第 2 ガード領域 32 の外方端部と

、互いに隣接する第2ガード領域32のうちの外側の第2ガード領域32の内方端部との両方に接する。第4領域44は、最も外側の第2ガード領域32の外方端部に接する。第4領域44は、エピタキシャル層7の側面から露出している。

[0056] 図7Aは、第2変形例に係るショットキーバリアダイオード1の要部の平面図である。図7Bは、図7Aに示すVⅠⅠB-VⅠⅠB線に沿う断面図である。図7Cは、図7Bに示すVⅠⅠC領域を拡大した図である。図7Bは、図2と同じ部分の断面図である。図7Aおよび図7Bにおいて、前述の図1～図7に示された構成と同等の構成については、図1等と同一の参照符号を付してその説明を省略する。

[0057] 第2変形例に係るショットキーバリアダイオード1では、平面視において、高濃度層10とガード領域30との間に低濃度層11が位置している。平面視において、高濃度層10が、低濃度層11によって取り囲まれている。平面視において、高濃度層10が、低濃度層11を介して、第1ガード領域31に対向している。

[0058] 低濃度層11は、第1ガード領域31と高濃度層10との間の位置において、ショットキーメタル16と接している。そのため、ショットキー接合部SJは、ショットキーメタル16と高濃度層10との間だけでなく、ショットキーメタル16と低濃度層11との間にも形成される。つまり、ショットキー接合部SJは、ショットキーメタル16と高濃度層10との間に形成される第1ショットキー接合部SJ1と、ショットキーメタル16と低濃度層11との間に形成される第2ショットキー接合部SJ2とを含む。

[0059] ただし、平面視において、第1ショットキー接合部SJ1は、第2ショットキー接合部SJ2よりも大きいことが好ましい。そうであれば、バリアハイトを十分に低減できる。

[0060] <第2実施形態>

図8は、第2実施形態に係るショットキーバリアダイオード1Pの要部の平面図である。図9は、図8に示すⅠX-ⅠX線に沿う断面図である。図1

0は、図9に示すX領域の拡大図である。

[0061] 図8～図10において、前述の図1～図7に示された構成と同等の構成については、図1等と同一の参照符号を付してその説明を省略する（後述する図11および図12においても同様）。

[0062] ショットキーバリアダイオード1Pは、ショットキーメタル16と接するようにエピタキシャル層7の表面7aの表層部に形成され、エピタキシャル層7との間にpn接合部PJを形成する第2導電型のp⁺型の不純物領域50をさらに含む。pn接合部PJは、不純物領域50とエピタキシャル層7との接触界面付近に形成される。不純物領域50のp型不純物濃度は、たとえば、 $1.0 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1.0 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ 以下である。

[0063] 平面視において、高濃度層10と不純物領域50とが第2方向Yに沿って交互に配置されている。

[0064] 詳しくは、高濃度層10は、ストライプ状に配置された複数の直線状領域45を含む。不純物領域50は、ストライプ状に配置された複数の直線状不純物領域51を含む。

[0065] 複数の直線状領域45は、第2方向Yに等間隔に配置されており、各直線状領域45は、第1方向Xに延びている。複数の直線状領域45は、ガード領域30の内方端部（図8の例では第1ガード領域31の内方端部）に接している。

[0066] 複数の直線状不純物領域51は、第2方向Yに等間隔に配置されており、各直線状不純物領域51は、第1方向Xに延びている。複数の直線状不純物領域51は、第1ガード領域31と一体を成している。詳しくは、第1方向Xにおける直線状不純物領域51の両端部は、第1ガード領域31の内方端部と接続されており、直線状不純物領域51と第1ガード領域31との境界は存在しない。

[0067] 不純物領域50の底部50a（図9の例では直線状不純物領域51の底部）は、ガード領域30の底部30aと面一であり、高濃度層10の底部10a（直線状領域45の底部）よりもエピタキシャル層7の表面7aとは反対

側に位置する。

[0068] 第2実施形態によれば、第1実施形態と同様の効果を奏する。すなわち、バリアハイトを低減できる。

[0069] 第2実施形態によれば、ショットキーバリアダイオード1Pに、ショットキー接合部SJおよびpn接合部PJの両方が設けられている。そのため、逆方向電圧の印加時には、pn接合部PJの周囲に空乏層が形成され、カソード電極6からアノード電極17に向けて流れるリーク電流が抑制される。したがって、高濃度層10のn型不純物濃度を上昇させてバリアハイトを低減させたとしてもリーク電流を十分に抑制できる。

[0070] ショットキーバリアダイオード1Pは、第1実施形態に係るショットキーバリアダイオード1と同様の製造方法（図5を参照）によって製造可能である。なお、不純物領域50は、ガード領域30と同時に形成される。

[0071] 次に、第2実施形態のショットキーバリアダイオード1Pの第1変形例（図11を参照）および第2変形例（図12を参照）について説明する。

[0072] 図11に示すように、ショットキーバリアダイオード1Pの不純物領域50は、平面視において高濃度層10を行列状に区画するように網目状に形成されていてもよい。詳しくは、高濃度層10は、不純物領域50によって取り囲まれた行列状に配置された複数の単位領域46によって構成されている。不純物領域50が、第1方向Xに延びる複数の第1延設不純物領域52と、第2方向Yに延びる複数の第2延設不純物領域53とによって構成されている。

[0073] 図12に示すように、ショットキーバリアダイオード1Pの不純物領域50は、平面視においてアクティブ領域8内で千鳥状に配置された複数の点状不純物領域54を含んでいてもよい。図12に示す例では、点状不純物領域54は、平面視において円形状である。点状不純物領域54は、平面視において多角形状であってもよい。

[0074] <第3実施形態>

図13は、第3実施形態に係るショットキーバリアダイオード1Qの要部

の平面図である。図 1 4 は、図 1 3 に示す X | V - X | V 線に沿う断面図である。図 1 5 は、図 1 4 に示す X V 領域の拡大図である。

[0075] 図 1 3 ~ 図 1 5 において、前述の図 1 ~ 図 1 2 に示された構成と同等の構成については、図 1 等と同一の参照符号を付してその説明を省略する（後述する図 1 6 A ~ 図 2 2 C においても同様）。

[0076] 第 3 実施形態に係るショットキーバリアダイオード 1 Q が、第 2 実施形態に係るショットキーバリアダイオード 1 P と主に異なる点は、格子欠陥がエピタキシャル層 7 よりも多い格子欠陥領域 6 0 がエピタキシャル層 7 の表層部に形成されている点である。

[0077] 格子欠陥領域 6 0 は、エピタキシャル層 7 にアルゴン (A r) 等の希ガス原子が注入されることによって形成された領域である。そのため、格子欠陥領域 6 0 は、希ガス含有領域ともいう。格子欠陥領域 6 0 の不純物濃度は、たとえば、 $1.0 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1.0 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ 以下である。

[0078] 格子欠陥領域 6 0 は、ショットキーメタル 1 6 と接している。希ガス原子がエピタキシャル層 7 に注入されることによって、エピタキシャル層 7 を構成する S i C の結晶格子が破壊され、格子欠陥が発生する。そのため、格子欠陥領域 6 0 は、ショットキーメタル 1 6 と接しているにもかかわらず、ショットキーメタル 1 6 との間にショットキー接合部を形成せず、ショットキーメタル 1 6 からエピタキシャル層 7 へ電流が流れることを阻害する。言い換えると、格子欠陥領域 6 0 は、エピタキシャル層 7 と比較して格子欠陥が多いため、エピタキシャル層 7 と比較して抵抗が高い高抵抗層である。

[0079] 格子欠陥領域 6 0 は、複数の直線状不純物領域 5 1 のうちの 1 つの直線状不純物領域 5 1 の周囲に設けられている。

[0080] 詳しくは、不純物領域 5 0 は、格子欠陥領域 6 0 と接するように格子欠陥領域 6 0 の内側に配置される内側不純物領域 5 5 と、格子欠陥領域 6 0 の外側に配置される外側不純物領域 5 6 とを含む。そして、複数の直線状不純物領域 5 1 のうち、格子欠陥領域 6 0 の内側に位置する直線状不純物領域 5 1 が内側不純物領域 5 5 として機能し、複数の直線状不純物領域 5 1 のうち、

格子欠陥領域 60 の外側に位置する直線状不純物領域 51 が外側不純物領域 56 として機能する。内側不純物領域 55 は、格子欠陥領域 60 によって第 2 方向 Y の両側から挟まれている。

[0081] 外側不純物領域 56 は、格子欠陥領域 60 と接するように、格子欠陥領域 60 を挟んで内側不純物領域 55 とは反対側に配置された一对の外側接触不純物領域 57 と、格子欠陥領域 60 から離間するように、格子欠陥領域 60 を挟んで内側不純物領域 55 とは反対側に配置された複数の外側離間不純物領域 58 とを含む。

[0082] 格子欠陥領域 60 は、第 2 方向 Y の両側から内側不純物領域 55 に接している。図 13 の例では、第 1 方向 X における格子欠陥領域 60 の両端部は、第 1 ガード領域 31 に内方端に接している。図 13 の例とは異なり、第 1 方向 X における格子欠陥領域 60 の両端部は、第 1 ガード領域 31 に内方端に接しておらず、低濃度層 11 を介して、第 1 ガード領域 31 と対向しているもよい。

[0083] 格子欠陥領域 60 は、第 1 方向 X に直線状に延び第 2 方向 Y の一方側から内側不純物領域 55 に接する第 1 格子欠陥領域 61 と、第 1 方向 X に直線状に延び第 2 方向 Y の他方側から内側不純物領域 55 に接する第 2 格子欠陥領域 62 とを含む。

[0084] 第 2 方向 Y の一方側の外側接触不純物領域 57 は、平面視において、第 1 格子欠陥領域 61 と高濃度層 10 の直線状領域 45 とに挟まれている。第 2 方向 Y の他方側の外側接触不純物領域 57 は、平面視において、第 2 格子欠陥領域 62 と高濃度層 10 の直線状領域 45 とに挟まれている。

[0085] 各直線状不純物領域 51 の底部（不純物領域 50 の底部 50a）は、エピタキシャル層 7 と接している。各直線状不純物領域 51 の底部は、エピタキシャル層 7 の裏面に向かう一对の湾曲部と、湾曲部同士を連結する平坦部とを含む。

[0086] 格子欠陥領域 60 の底部 60a は、低濃度層 11 と接している。格子欠陥領域 60 の底部 60a は、エピタキシャル層 7 の裏面に向かう一对の湾曲部

と、湾曲部同士を連結する平坦部とを含む。格子欠陥領域 60 の底部 60 a の平坦部は、内側不純物領域 55 の底部 55 a の平坦部、および、外側接触不純物領域 57 の底部 57 a の平坦部と面一に形成されている。

[0087] 第3実施形態によれば、第1実施形態および第2実施形態と同様の効果を奏する。

[0088] ここで、第2実施形態に係るショットキーバリアダイオード 1 P のように格子欠陥領域 60 が設けられていない構成では、順方向過電流印加時には、pn 接合 PJ からエピタキシャル層 7 に少数キャリアが注入される。これにより、エピタキシャル層 7 の抵抗が低下するため、発熱量が抑制でき、サージ耐量が向上する。しかしながら、エピタキシャル層 7 の厚さ TE が大きい場合には、エピタキシャル層 7 による電圧降下が大きくなり、pn 接合部 PJ にかかる電圧が小さくなる。

[0089] そこで、第3実施形態のように、格子欠陥領域 60 を設けることで、格子欠陥領域 60 に流れる電流 I1 を抑制し、電流 I1 を、ショットキー接合部 SJ1 に流れる電流 I2 よりも小さくすることができる。これにより、図 16 A に示すように、エピタキシャル層 7 において格子欠陥領域 60 の近傍に位置する第1近傍部分 70 による電圧降下 V1 は、低減されて、エピタキシャル層 7 においてショットキー接合 SJ1 の近傍に位置する第2近傍部分 71 による電圧降下 V2 よりも小さくなる。

[0090] そのため、エピタキシャル層 7 において内側不純物領域 55 の近傍に位置する部分の電圧降下も、第1近傍部分 70 による電圧降下 V1 と同様に小さくなる。そのため、内側不純物領域 55 とエピタキシャル層 7 との間に形成される pn 接合部 PJ1 にかかる電位差 VP を、ショットキー接合部 SJ1 にかかる電位差 VS よりも大きくすることができる。したがって、内側不純物領域 55 とエピタキシャル層 7 との間に形成される pn 接合部 PJ1 にかかる電位差 VP を十分に確保することができる。したがって、サージ耐性を向上させることができる。

[0091] 図 16 B に示すように、ショットキー接合部 SJ1 と内側不純物領域 55

と間の距離 L が、エピタキシャル層7の厚さ T_E よりも大きければ、エピタキシャル層7において、内側不純物領域55と半導体基板2との間に位置する部分に電流が流れることを一層抑制できる。

[0092] ショットキー接合部 $SJ1$ と内側不純物領域55と間の距離 L は、外側接触不純物領域57の幅 $W1$ と第1格子欠陥領域61の幅 $W2$ （第2格子欠陥領域62の幅）との和に相当する。

[0093] ショットキー接合部 $SJ1$ と pn 接合部 $PJ2$ との境界73から、エピタキシャル層7の厚さ T_E と同じ幅だけ内側不純物領域55側に移動した位置よりも内側を内側領域 IR といい、内側領域 IR よりも外側を外側領域 OR という。内側領域 IR では、エピタキシャル層7に流れる電流が格子欠陥領域60によって効果的に抑制される。ショットキー接合部 SJ と内側不純物領域55と間の距離 L がエピタキシャル層7の厚さ T_E よりも大きければ、エピタキシャル層7に内側領域 IR が設定される。言い換えると、ショットキー接合部 SJ と内側不純物領域55と間の距離 L がエピタキシャル層7の厚さ T_E よりも大きければ、第1近傍部分70が内側領域 IR 内に位置する。

[0094] 次に、ショットキーバリアダイオード1Qの製造方法について説明する。図17は、第3実施形態に係るショットキーバリアダイオード1Qの製造方法のフローチャートである。

[0095] ショットキーバリアダイオード1Qの製造方法は、第1実施形態に係るショットキーバリアダイオード1の製造方法とは異なり、ガード領域30と同時に不純物領域50が形成され（ステップS4）、ガード領域30が形成された後に、格子欠陥領域60が形成される（ステップS10）。その後、フィールド絶縁膜15が形成される（ステップS5）。

[0096] 次に、不純物領域50および格子欠陥領域60が形成される様子について詳しく説明する。図18A～図18Cは、不純物領域50および格子欠陥領域60が形成される様子を説明するための模式図である。

[0097] 図18Aに示すように、エピタキシャル層7の表層部に高濃度層10が形

成された後、所定パターンを有するレジストマスク 80 がエピタキシャル層 7 上に形成される。イオン注入法によって、エピタキシャル層 7 の表層部においてレジストマスク 80 によって被覆されていない部分に p 型不純物を導入することによって、ガード領域 30（図 14 を参照）とともに、不純物領域 50（複数の直線状不純物領域 51）が形成される（ステップ S4）。その後、レジストマスク 80 が除去される。

[0098] レジストマスク 80 が除去された後、図 18B に示すように、格子欠陥領域 60 が形成されるべき領域を露出させそれ以外の領域を被覆するパターンを有するレジストマスク 81 が、エピタキシャル層 7 上に形成される。

[0099] 具体的には、レジストマスク 81 は、エピタキシャル層 7 の表層部において内側不純物領域 55 のベースとなる直線状不純物領域 51 の両側方を露出させる。次に、図 18C に示すように、イオン注入法によって、エピタキシャル層 7 の表面 7a の表層部においてレジストマスク 81 によって被覆されていない部分に希ガス原子を導入することによって、内側不純物領域 55 のベースとなる直線状不純物領域 51 の両側方に格子欠陥領域 60 が形成される（ステップ S10）。これにより、内側不純物領域 55 が形成される。

[0100] その後、レジストマスク 81 が除去され、フィールド絶縁膜 15 がエピタキシャル層 7 上に形成される（ステップ S5）。

[0101] 次に、図 19～図 22C を参照して、ショットキーバリアダイオード 1Q の第 1 変形例および第 2 変形例について説明する。

[0102] 図 19 は、第 1 変形例に係るショットキーバリアダイオード 1Q の断面の拡大図である。図 19 は、図 14 と同じ部分の断面図である。図 19 において、前述の図 1～図 18C に示された構成と同等の構成については、図 1 等と同一の参照符号を付してその説明を省略する。第 1 変形例に係るショットキーバリアダイオード 1Q では、格子欠陥領域 60 の底部 60a が、不純物領域 50 の底部 50a よりもエピタキシャル層 7 の表面 7a 側に位置している。格子欠陥領域 60 の底部 60a が、低濃度層 11 と接している。第 1 変形例に係るショットキーバリアダイオード 1Q は、前述した製造方法（図 1

7～図18Cを参照)と同様の製造方法で製造可能である。

[0103] 図20は、第2変形例に係るショットキーバリアダイオード1Qの断面の拡大図である。図20は、図14と同じ部分の断面図である。図20において、前述の図1～図19に示された構成と同等の構成については、図1等と同一の参照符号を付してその説明を省略する。

[0104] 第2変形例に係るショットキーバリアダイオード1Qでは、格子欠陥領域60の底部60aが高濃度層10の底部10aよりもエピタキシャル層7の表面7a側に位置しており、格子欠陥領域60の底部60aが、高濃度層10の直線状領域45に接している。第2変形例に係るショットキーバリアダイオード1Qは、前述した製造方法(図17～図18Cを参照)と同様の製造方法で製造可能である。

[0105] 図21は、第3実施形態に係るショットキーバリアダイオード1Qの第3変形例の断面の拡大図である。

[0106] 図21に示すように、第3変形例に係るショットキーバリアダイオード1Qにおいて、格子欠陥領域60の底部60aは、不純物領域50の底部50aよりもエピタキシャル層7の表面7a側に位置しており、格子欠陥領域60の底部60aには、不純物領域50が接している。言い換えると、不純物領域50は、格子欠陥領域60の底部60aに接する底側不純物領域59を含む。底側不純物領域59の底部は、エピタキシャル層7と接している。

[0107] 底側不純物領域59は、外側接触不純物領域57および内側不純物領域55と一体を成している。より詳しくは、底側不純物領域59は、第2方向Yにおいて、内側不純物領域55の両側に設けられている。底側不純物領域59は、内側不純物領域55の一方側に位置する外側接触不純物領域57と内側不純物領域55との間で延び、第1格子欠陥領域61の底部に接する第1底側不純物領域59Aと、内側不純物領域55の他方側に位置する外側接触不純物領域57と内側不純物領域55との間で延び、第2格子欠陥領域62の底部に接する第2底側不純物領域59Bとを含む。

[0108] 第3変形例に係るショットキーバリアダイオード1Qの製造方法は、前述

した製造方法（図１７～図１８Ｃ）とは若干異なる。図２２Ａ～図２２Ｃは、第２変形例に係るショットキーバリアダイオード１Ｑの製造方法において、不純物領域５０および格子欠陥領域６０が形成される様子を説明するための模式図である。

[0109] 図２２Ａに示すように、半導体基板２の第１主面３にエピタキシャル層７が形成された後、所定パターンを有するレジストマスク８２がエピタキシャル層７上に形成される。イオン注入法によって、エピタキシャル層７の表層部においてレジストマスク８２によって被覆されていない部分にｐ型不純物を導入することによって、ガード領域３０（図１４を参照）および不純物領域５０（複数の直線状不純物領域５１）が形成される（ステップＳ４）。詳しくは、複数の外側離間不純物領域５８と、内側不純物領域５５および一対の外側接触不純物領域５７のベースとなる第１ベース不純物領域８３とが形成される。

[0110] その後、レジストマスク８２が除去される。レジストマスク８２が除去された後、図２２Ｂに示すように、格子欠陥領域６０が形成されるべき領域を露出させそれ以外の領域を被覆するパターンを有するレジストマスク８４が、エピタキシャル層７上に形成される。具体的には、レジストマスク８４は、第２方向Ｙにおいて、第１ベース不純物領域８３の中央部と、第１ベース不純物領域８３の両端部とを被覆している。

[0111] 次に、図２２Ｃに示すように、イオン注入法によって、エピタキシャル層７の表面７ａの表層部においてレジストマスク８４によって被覆されていない部分に希ガス原子を導入することによって、第１ベース不純物領域８３において内側不純物領域５５のベースとなる部分の両側方に格子欠陥領域６０が形成される（ステップＳ１０）。これにより、内側不純物領域５５、外側接触不純物領域５７および底側不純物領域５９が形成される。

[0112] その後、レジストマスク８４が除去され、フィールド絶縁膜１５がエピタキシャル層７上に形成される（ステップＳ５）。

[0113] ＜その他の実施形態＞

たとえば、各実施形態（第1実施形態～第3実施形態）は、適宜組み合わせることができる。

[0114] 具体的には、第2実施形態のショットキーバリアダイオード1Pにおいて、第1実施形態の第1変形例のように、アクティブ領域8だけでなく、非アクティブ領域9においても、高濃度層10が形成されていてもよい。また、ショットキーバリアダイオード1Pにおいて、第1実施形態の第2変形例のように、高濃度層10が、低濃度層11を介して、第1ガード領域31に対向していてもよい。

[0115] 同様に、第3実施形態のショットキーバリアダイオード1Qにおいて、アクティブ領域8だけでなく、非アクティブ領域9においても高濃度層10が形成されていてもよいし、高濃度層10が、低濃度層11を介して、第1ガード領域31に対向していてもよい。

[0116] また、第3実施形態のショットキーバリアダイオード1Qにおいて、第2実施形態の第1変形例のように、不純物領域50が、平面視において高濃度層10を行列状に区画するように網目状に形成されていてもよい。また、第3実施形態のショットキーバリアダイオード1Qにおいて、第2実施形態の第2変形例のように、不純物領域50が、平面視において千鳥状に配置された複数の点状不純物領域54を含んでいてもよい。

[0117] 上述の各実施形態のショットキーバリアダイオード1、1Pおよび1Qでは、半導体基板2およびエピタキシャル層7がn型のSiCからなっており、高濃度層10がn型不純物領域であり、高濃度層10がp型不純物領域である。しかしながら、上述の実施形態とは異なり、半導体基板2およびエピタキシャル層7がp型のSiCからなっており、高濃度層10がp型不純物領域であり、不純物領域50がn型不純物領域であってもよい。

[0118] 以下、この明細書および図面から抽出される特徴の例を示す。以下の[A1]～[A14]は、バリアハイトが低減された半導体装置を提供する。

[0119] [A1] 主面を有する半導体基板と、前記半導体基板の前記主面上に形成された半導体層であって、前記半導体基板の前記主面に接する第1導電型の

低濃度層、および、当該半導体層において前記主面とは反対側の表面の表層部に形成され、前記低濃度層よりも不純物濃度が高い第1導電型の高濃度層を含む半導体層と、前記半導体層の前記表面上に形成され、前記高濃度層とショットキー接合部を形成するショットキー電極とを含む、半導体装置。

[0120] この構成によれば、ショットキー接合部が、半導体層において、低濃度層よりも不純物濃度が高い高濃度層とショットキー電極との間に形成される。そのため、低濃度層とショットキー電極との間に形成されるショットキー接合部と比較して、バリアハイトを低減できる。

[0121] [A2] 前記低濃度層の不純物濃度が、 $1.0 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1.0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 未満であり、前記高濃度層の不純物濃度が、 $1.0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1.0 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以下である、A1に記載の半導体装置。

[0122] [A3] 前記半導体層の前記表層部に形成された第2導電型の環状のガード領域をさらに含み、前記高濃度層が、前記ガード領域によって取り囲まれるアクティブ領域内に形成されている、A1またはA2に記載の半導体装置。

[0123] [A4] 前記高濃度層の底部が、前記ガード領域の底部よりも前記半導体層の前記表面側に位置している、A3に記載の半導体装置。

[0124] [A5] 前記高濃度層が、前記アクティブ領域の全域に形成されている、A3またはA4に記載の半導体装置。

[0125] [A6] 前記高濃度層が、前記低濃度層を介して、前記ガード領域と対向する、A3～A5のいずれか一つに記載の半導体装置。

[0126] [A7] 前記高濃度層が、前記半導体層の前記表面に設定され、前記アクティブ領域を取り囲む非アクティブ領域に形成されている、A3～A6のいずれか一つに記載の半導体装置。

[0127] [A8] 前記ショットキー電極と接するように前記半導体層の前記表層部に形成され、前記半導体層との間にpn接合部を形成する第2導電型の不純物領域をさらに含む、A1～A7のいずれか一つに記載の半導体装置。

[0128] [A9] 前記ショットキー電極と接するように前記半導体層の前記表層部

に形成され、格子欠陥が前記半導体層よりも多い格子欠陥領域をさらに含み、前記不純物領域が、前記格子欠陥領域と接するように前記格子欠陥領域の内側に配置された内側不純物領域を含む、A 8 に記載の半導体装置。

[0129] [A 1 0] 前記格子欠陥領域の抵抗が、前記半導体層の抵抗よりも高い、A 9 に記載の半導体装置。

[0130] [A 1 1] 前記ショットキー接合部と前記内側不純物領域と間の距離が、前記半導体層の厚さよりも大きい、A 9 または A 1 0 に記載の半導体装置。

[0131] [A 1 2] 前記不純物領域が、前記格子欠陥領域と接するように、前記格子欠陥領域を挟んで前記内側不純物領域とは反対側に配置された外側不純物領域を含む、A 9 ～ A 1 1 のいずれか一つに記載の半導体装置。

[0132] [A 1 3] 前記不純物領域が、平面視において前記高濃度層を行列状に区画するように網目状に形成されている、A 8 ～ A 1 2 のいずれか一つに記載の半導体装置。

[0133] [A 1 4] 前記不純物領域が、平面視において千鳥状に配置された複数の点状不純物領域を含む、A 8 ～ A 1 3 のいずれか一つに記載の半導体装置。

[0134] 発明の実施形態について詳細に説明してきたが、これらは本発明の技術的内容を明らかにするために用いられた具体例に過ぎず、本発明はこれらの具体例に限定して解釈されるべきではなく、本発明の範囲は添付の請求の範囲によってのみ限定される。

[0135] この出願は、2020年9月24日に日本国特許庁に提出された特願2020-160064号に対応しており、この出願の全開示はここに引用により組み込まれるものとする。

符号の説明

- [0136] 1 : ショットキーバリアダイオード
1 P : ショットキーバリアダイオード
1 Q : ショットキーバリアダイオード
2 : 半導体基板
3 : 第1主面

7 : エピタキシャル層

7 a : 表面

8 : アクティブ領域

9 : 非アクティブ領域

10 : 高濃度層

11 : 低濃度層

16 : ショットキーメタル

30 : ガード領域

30 a : 底部

40 : 第1不純物領域

40 a : 底部

46 : 単位不純物領域

50 : 第2不純物領域

54 : 点状不純物領域

55 : 内側不純物領域

56 : 外側不純物領域

60 : 格子欠陥領域

L : 距離

PJ : p n 接合部

SJ : ショットキー接合部

TE : 厚さ

請求の範囲

- [請求項1] 主面を有する半導体基板と、
前記半導体基板の前記主面上に形成された半導体層であって、前記半導体基板の前記主面に接する第1導電型の低濃度層、および、当該半導体層において前記主面とは反対側の表面の表層部に形成され、前記低濃度層よりも不純物濃度が高い第1導電型の高濃度層を含む半導体層と、
前記半導体層の前記表面上に形成され、前記高濃度層とショットキー接合部を形成するショットキー電極とを含む、半導体装置。
- [請求項2] 前記低濃度層の不純物濃度が、 $1.0 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1.0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 未満であり、
前記高濃度層の不純物濃度が、 $1.0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1.0 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以下である、請求項1に記載の半導体装置。
- [請求項3] 前記半導体層の前記表層部に形成された第2導電型の環状のガード領域をさらに含み、
前記高濃度層が、前記ガード領域によって取り囲まれるアクティブ領域内に形成されている、請求項1または2に記載の半導体装置。
- [請求項4] 前記高濃度層の底部が、前記ガード領域の底部よりも前記半導体層の前記表面側に位置している、請求項3に記載の半導体装置。
- [請求項5] 前記高濃度層が、前記アクティブ領域の全域に形成されている、請求項3または4に記載の半導体装置。
- [請求項6] 前記高濃度層が、前記低濃度層を介して、前記ガード領域と対向する、請求項3～5のいずれか一項に記載の半導体装置。
- [請求項7] 前記高濃度層が、前記半導体層の前記表面に設定され、前記アクティブ領域を取り囲む非アクティブ領域に形成されている、請求項3～6のいずれか一項に記載の半導体装置。
- [請求項8] 前記ショットキー電極と接するように前記半導体層の前記表層部に形成され、前記半導体層との間にpn接合部を形成する第2導電型の

不純物領域をさらに含む、請求項 1 ～ 7 のいずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項9] 前記ショットキー電極と接するように前記半導体層の前記表層部に形成され、格子欠陥が前記半導体層よりも多い格子欠陥領域をさらに含む、

前記不純物領域が、前記格子欠陥領域と接するように前記格子欠陥領域の内側に配置された内側不純物領域を含む、請求項 8 に記載の半導体装置。

[請求項10] 前記格子欠陥領域の抵抗が、前記半導体層の抵抗よりも高い、請求項 9 に記載の半導体装置。

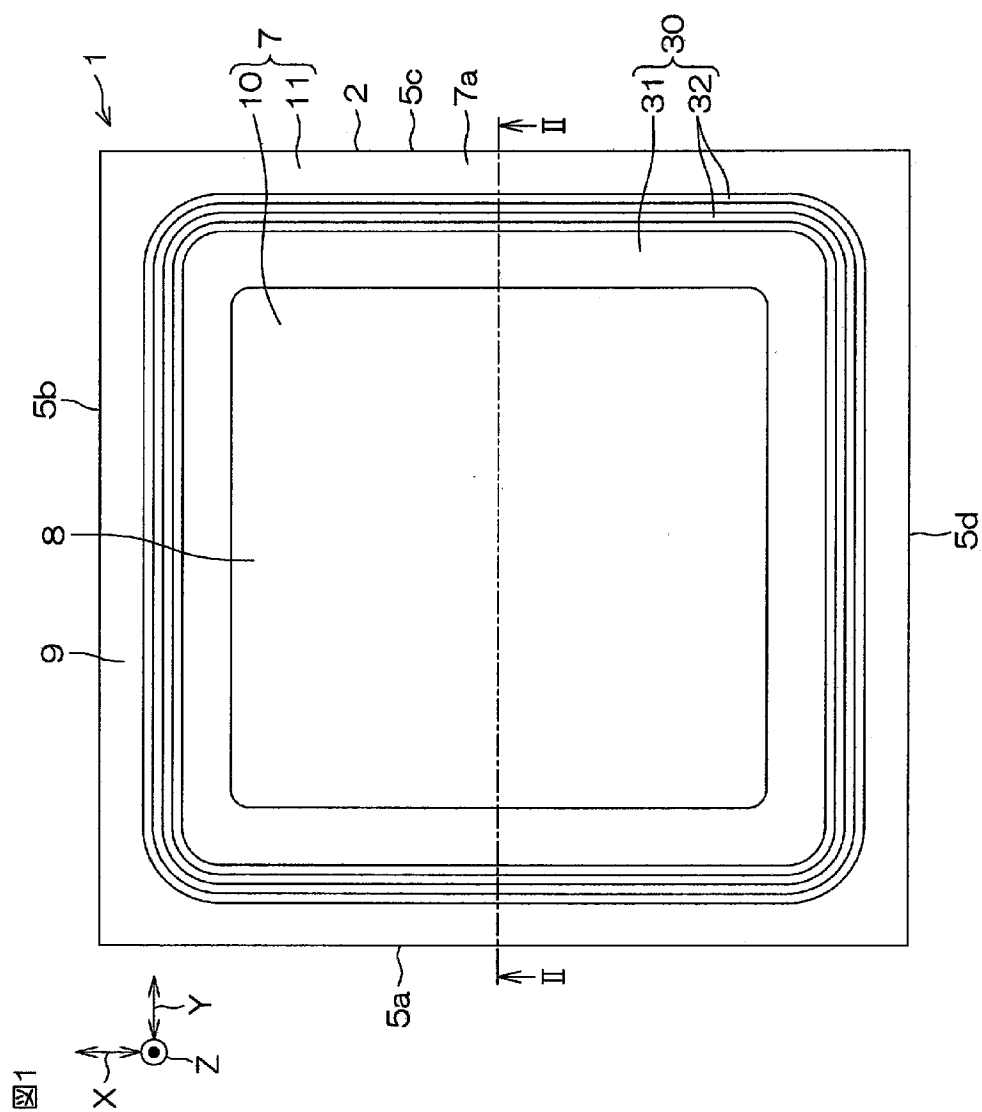
[請求項11] 前記ショットキー接合部と前記内側不純物領域と間の距離が、前記半導体層の厚さよりも大きい、請求項 9 または 10 に記載の半導体装置。

[請求項12] 前記不純物領域が、前記格子欠陥領域と接するように、前記格子欠陥領域を挟んで前記内側不純物領域とは反対側に配置された外側不純物領域を含む、請求項 9 ～ 11 のいずれか一項に記載の半導体装置。

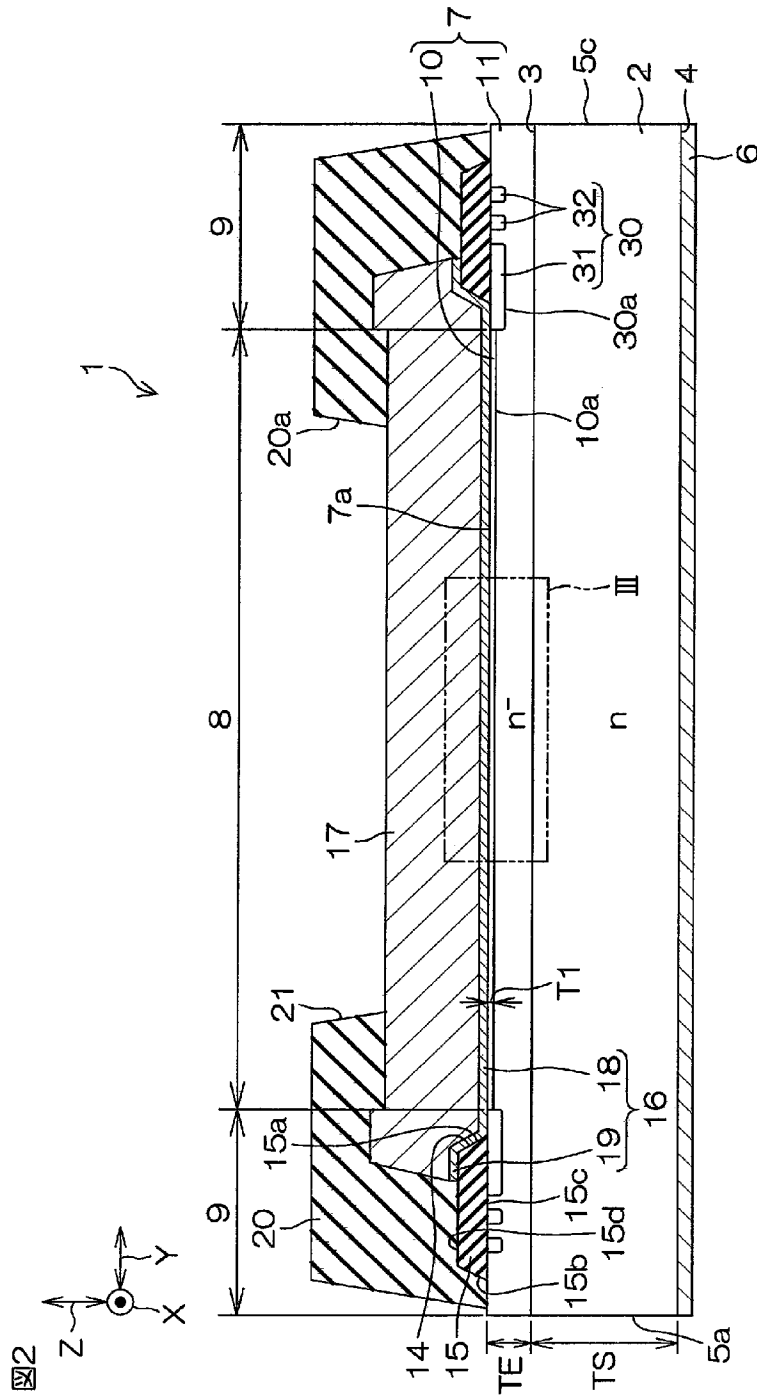
[請求項13] 前記不純物領域が、平面視において前記高濃度層を行列状に区画するように網目状に形成されている、請求項 8 ～ 12 のいずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項14] 前記不純物領域が、平面視において千鳥状に配置された複数の点状不純物領域を含む、請求項 8 ～ 13 のいずれか一項に記載の半導体装置。

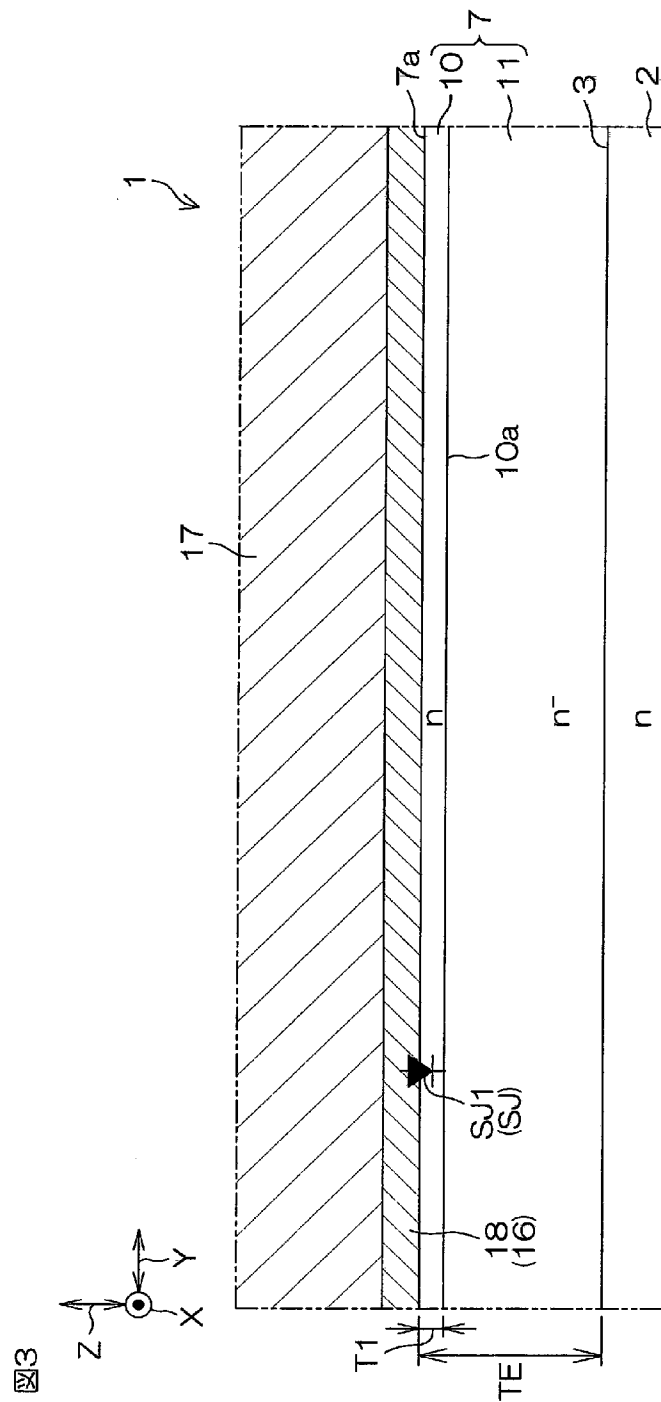
[図1]



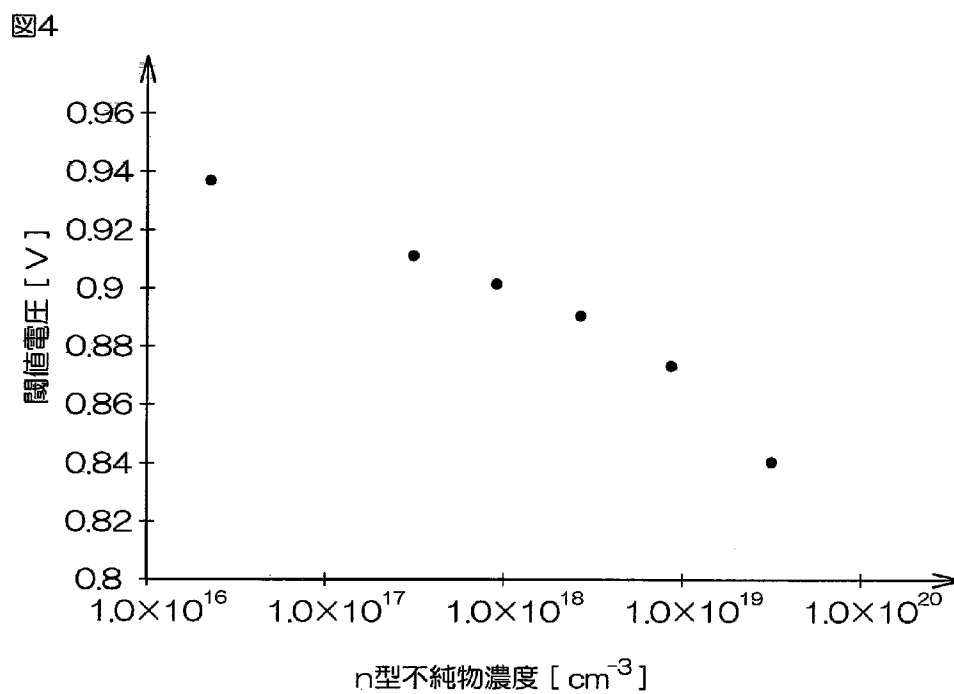
[図2]



[図3]



[図4]

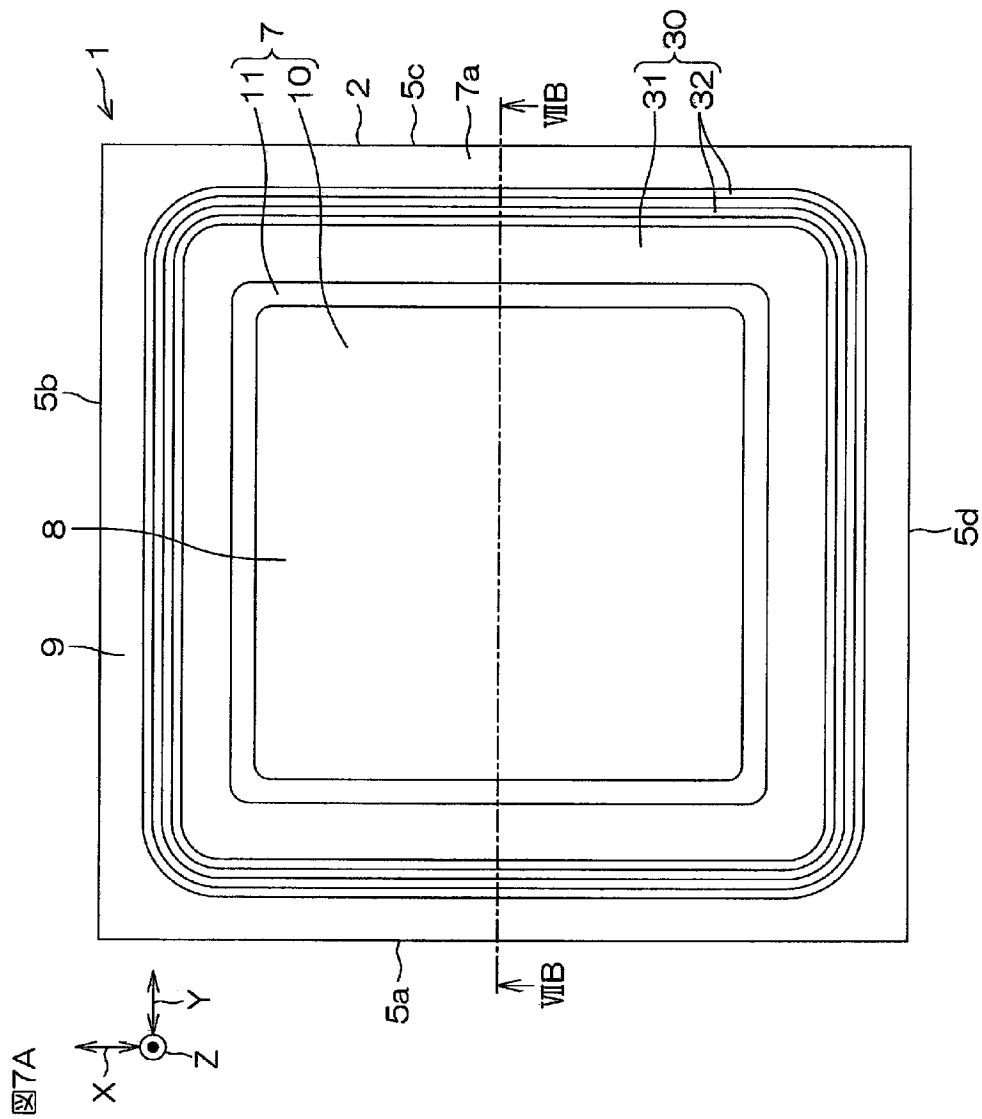


[図5]

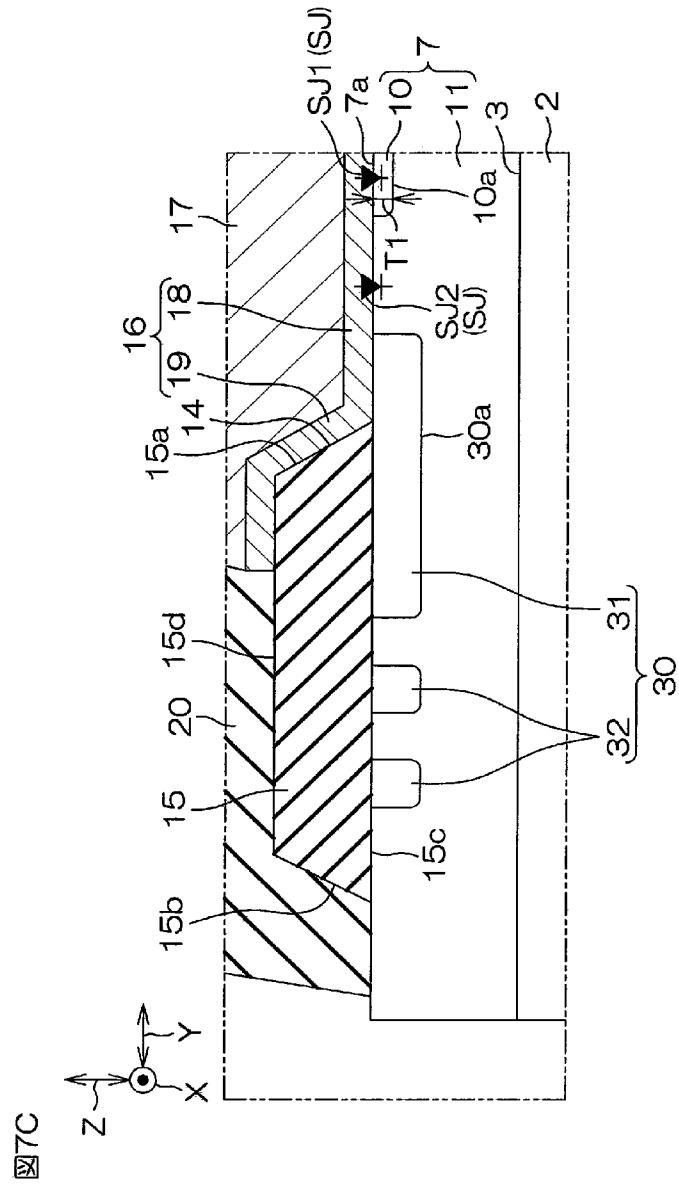
図5



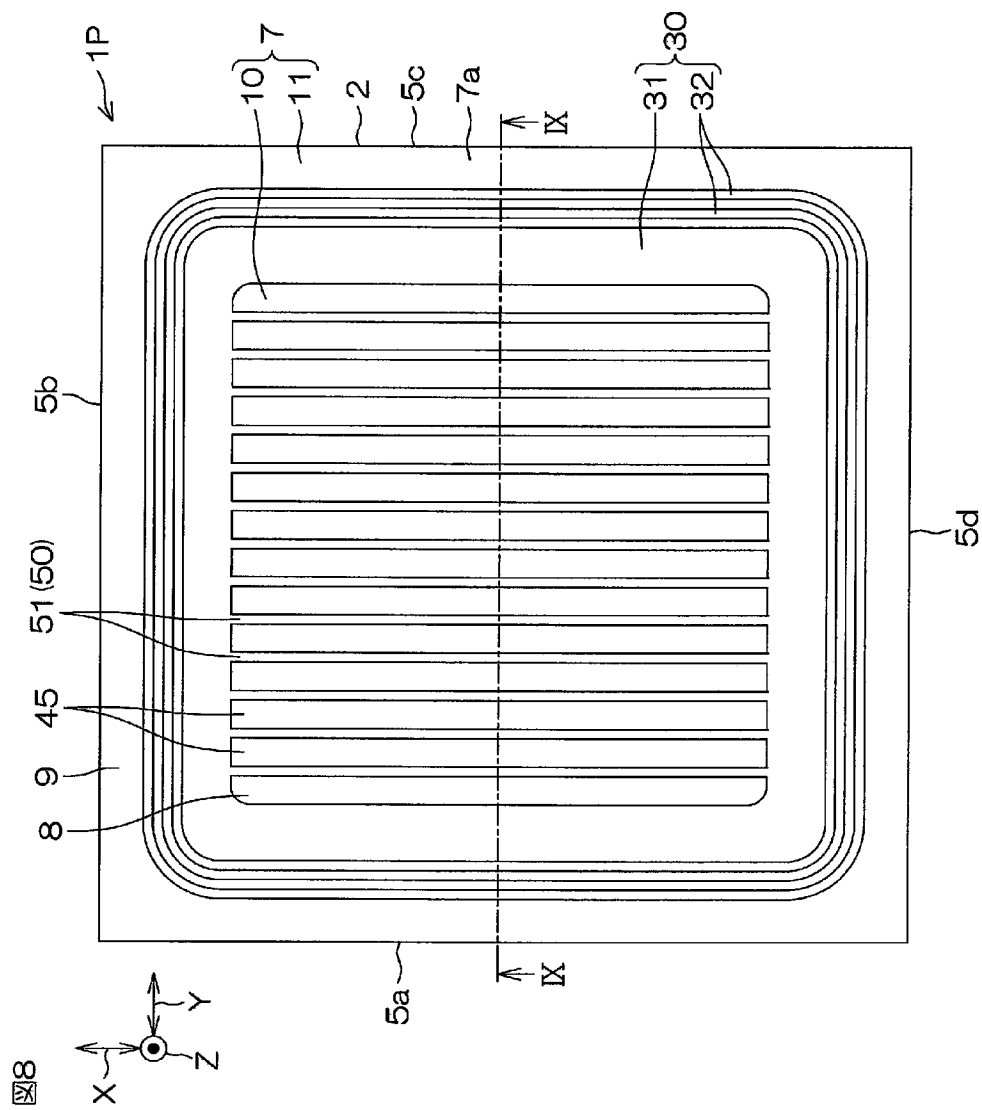
[図7A]



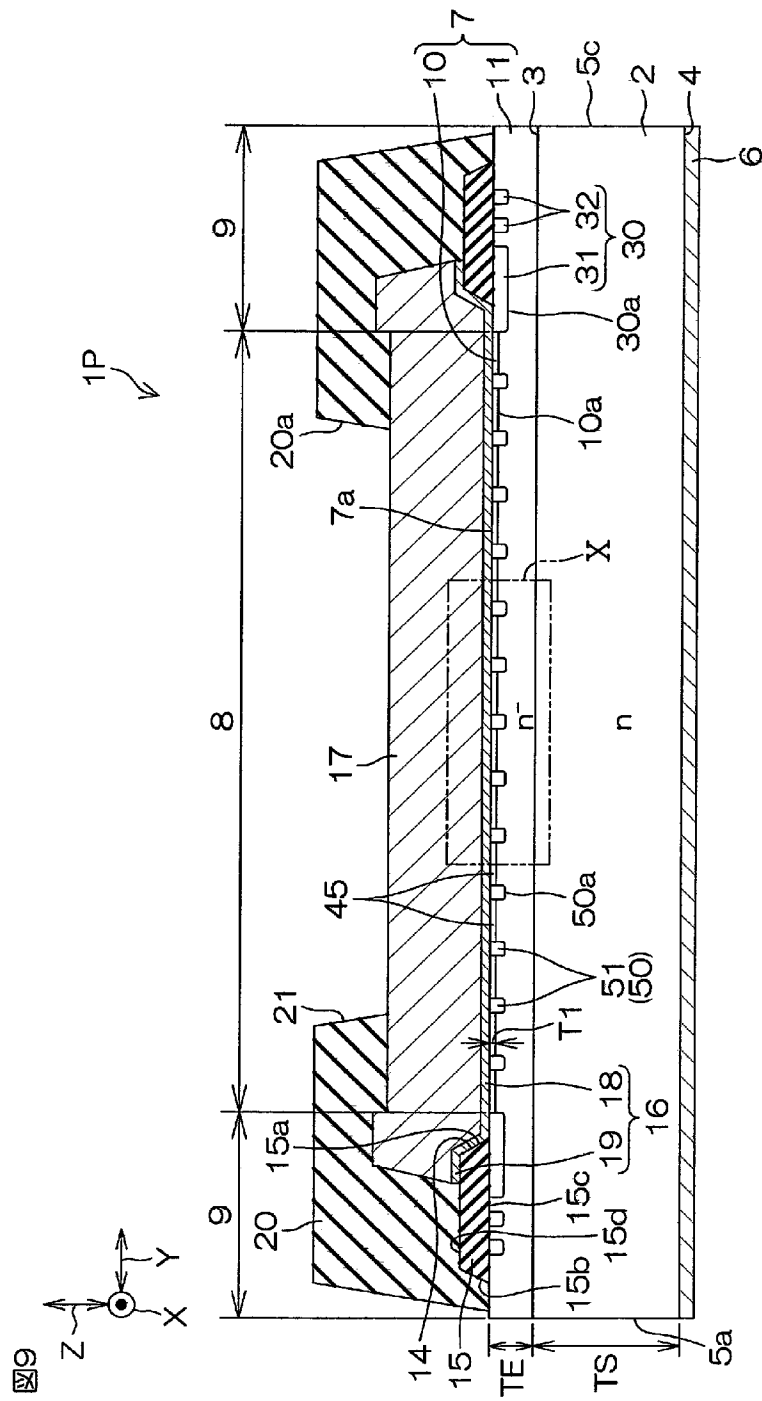
[図7C]



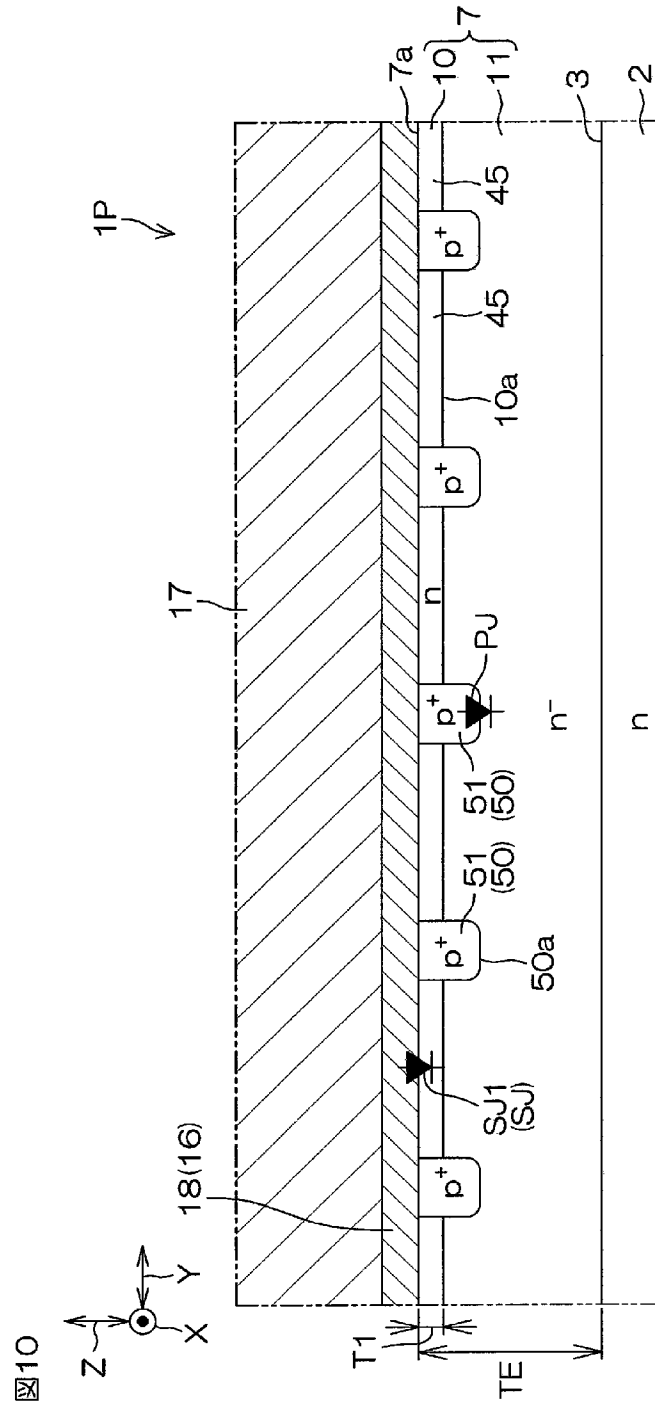
[図8]



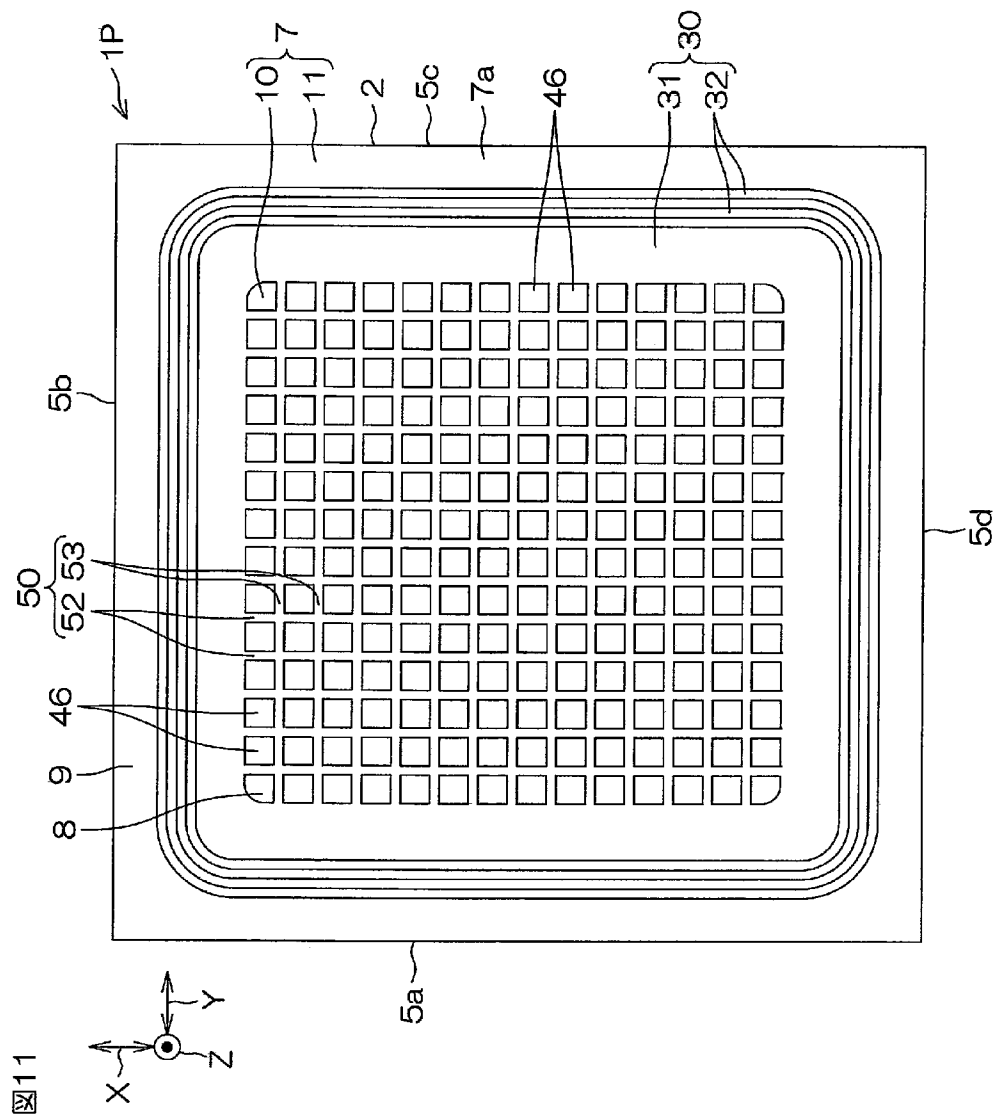
[図9]



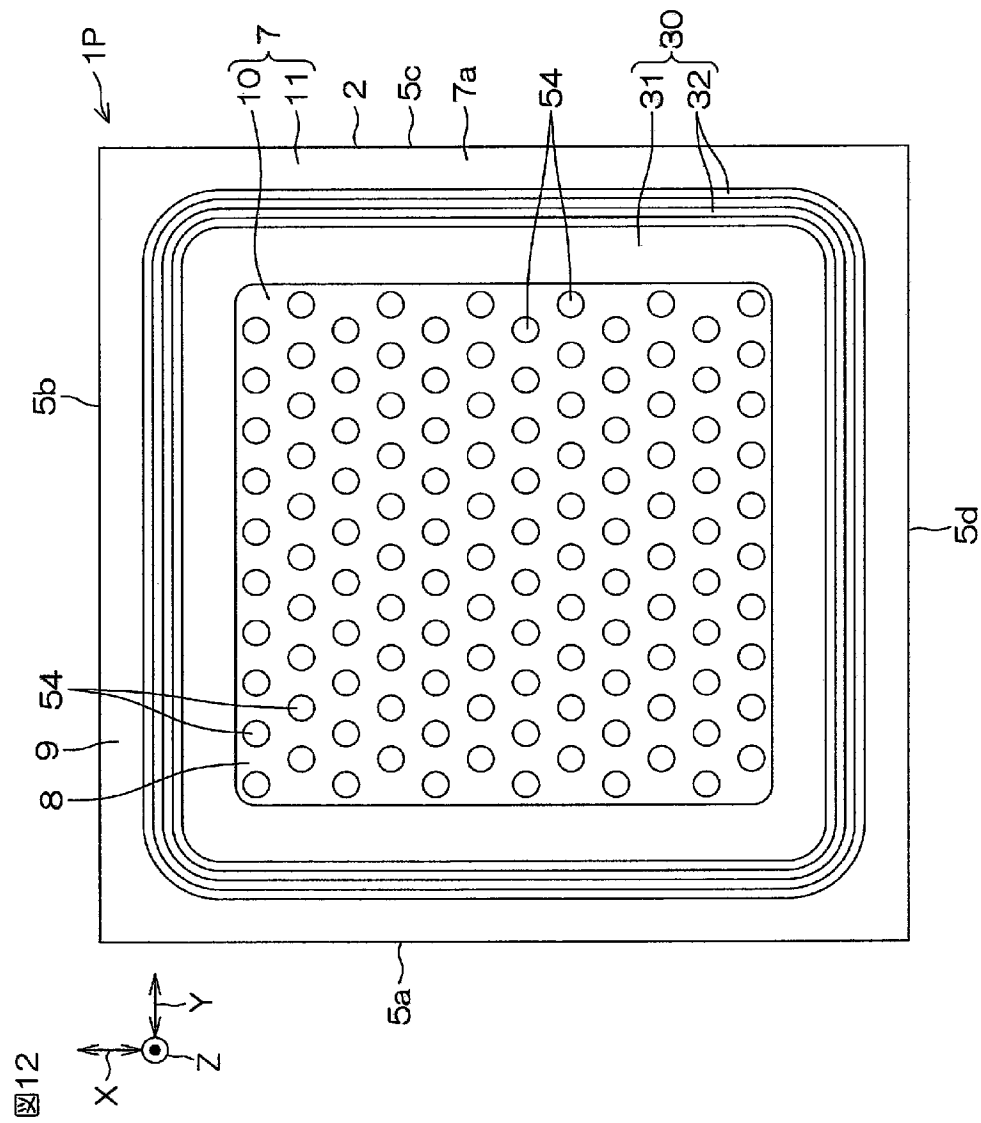
[図10]



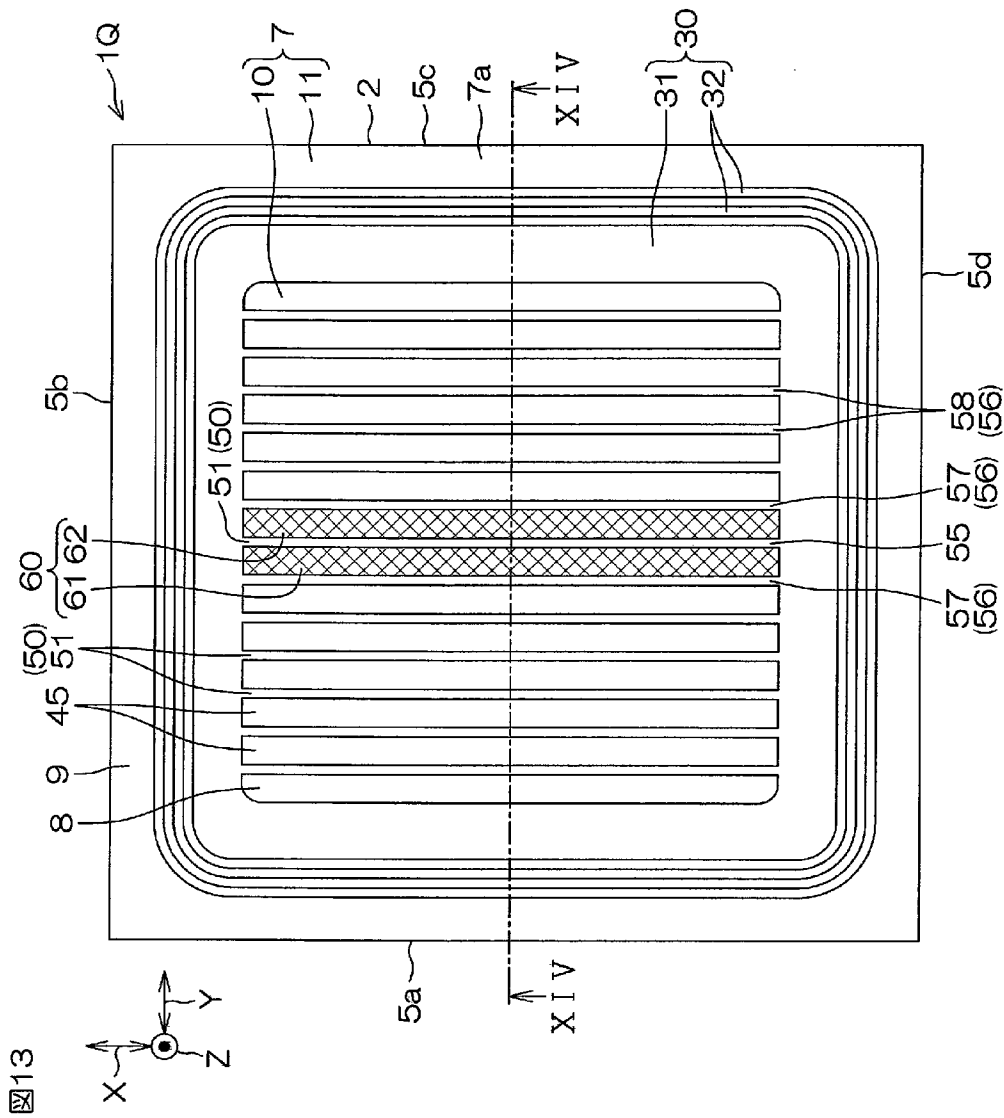
[図11]



[図12]

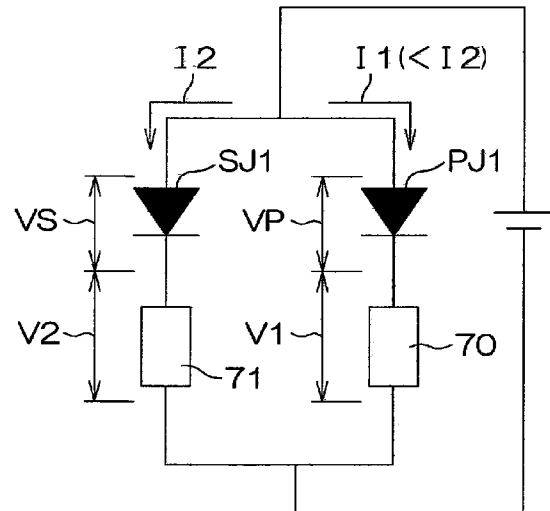


[図13]



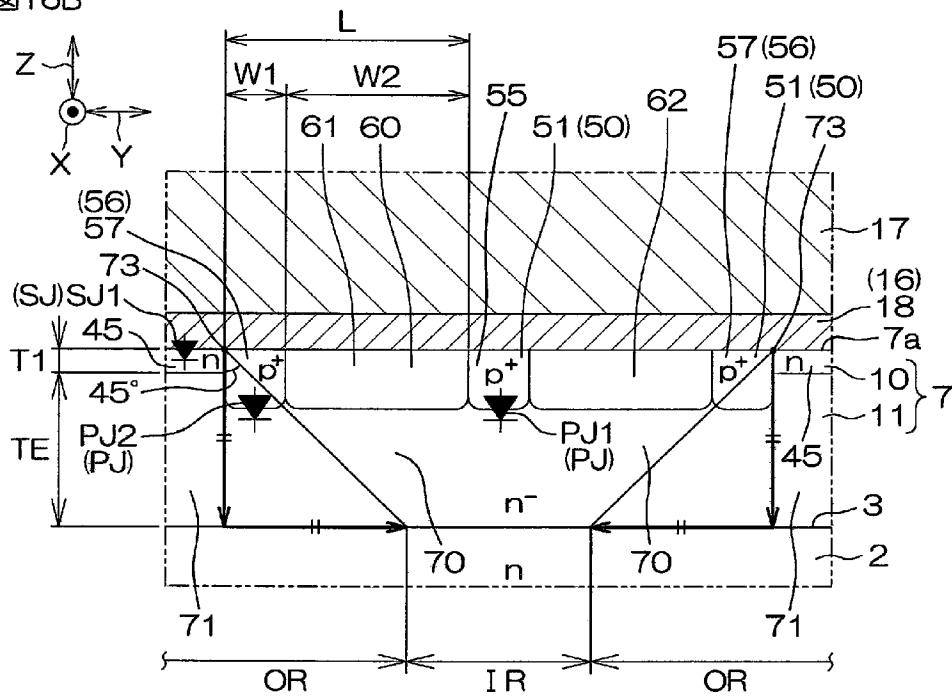
[図16A]

図16A



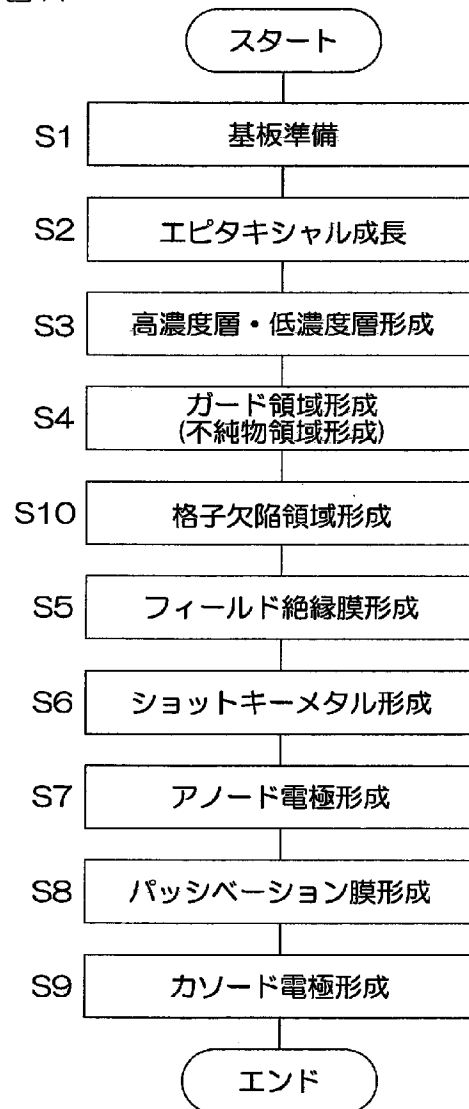
[図16B]

図16B

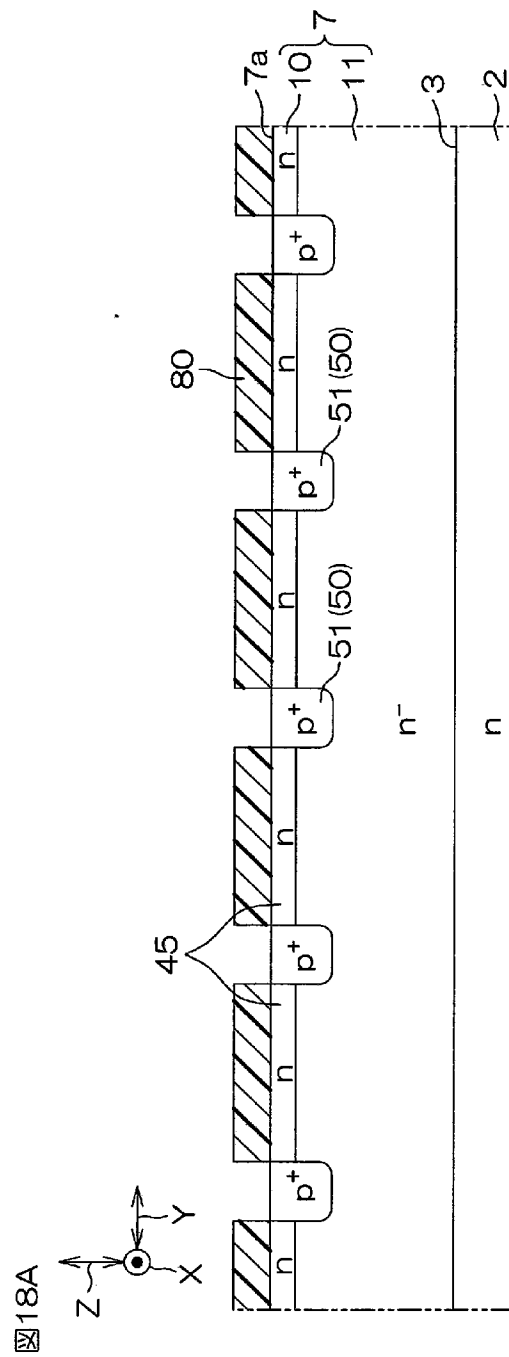


[図17]

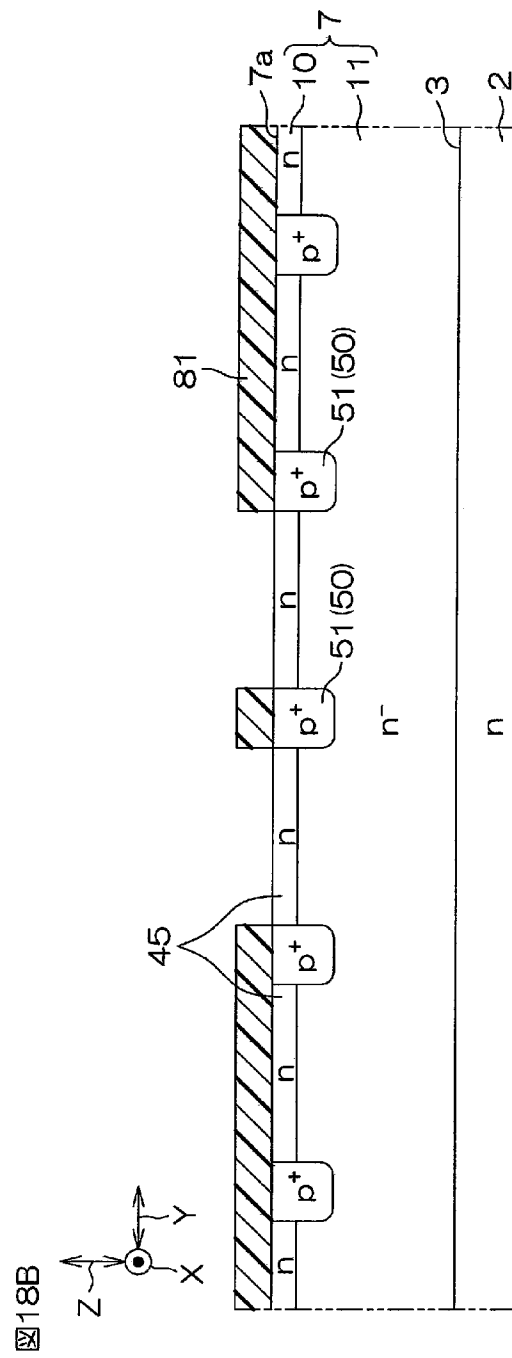
図17



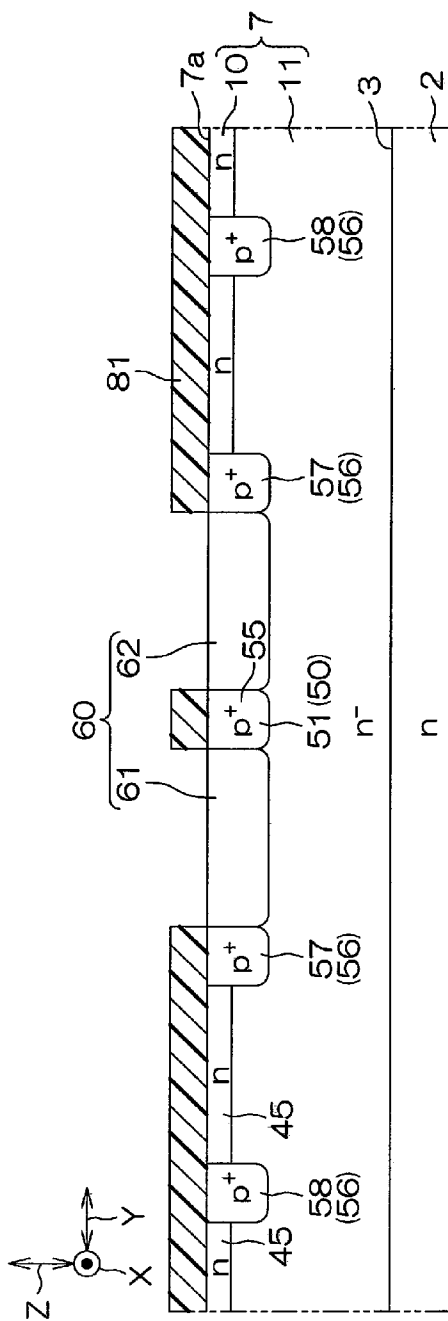
[図18A]



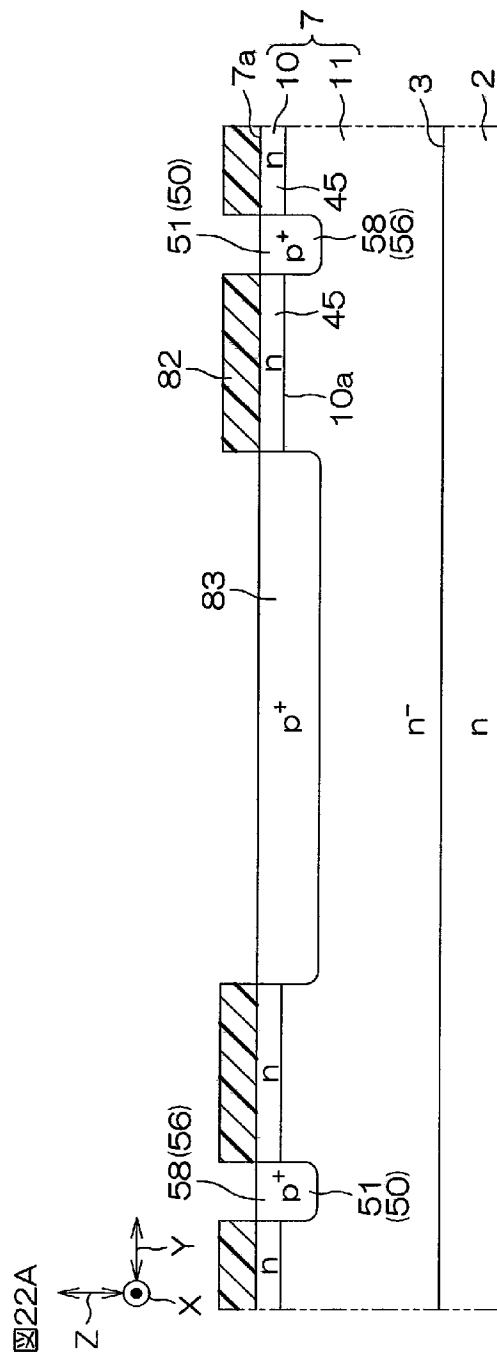
[図18B]



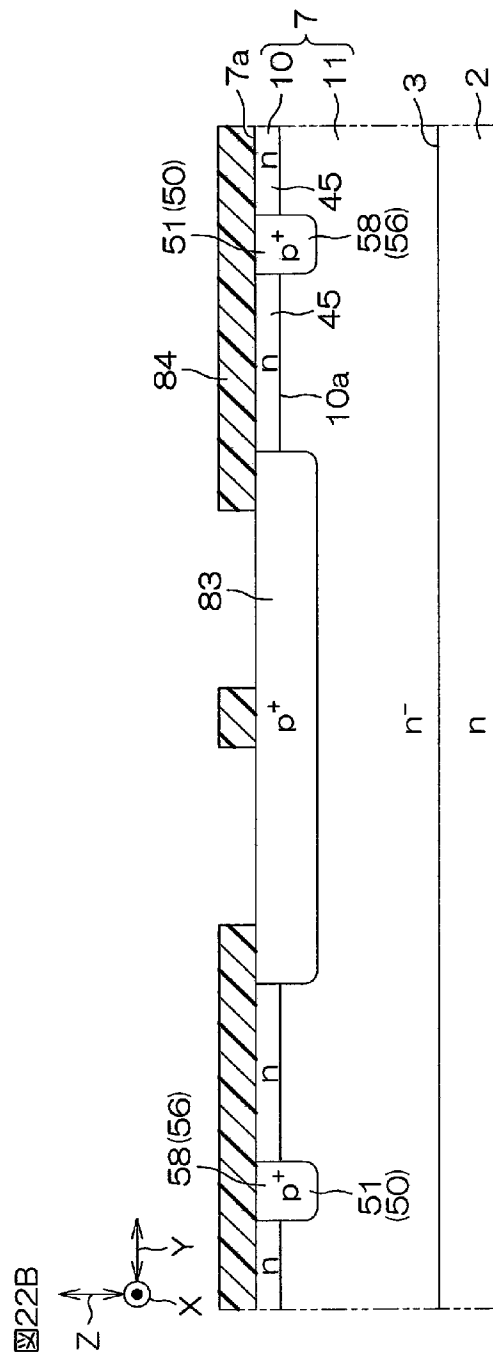
1800



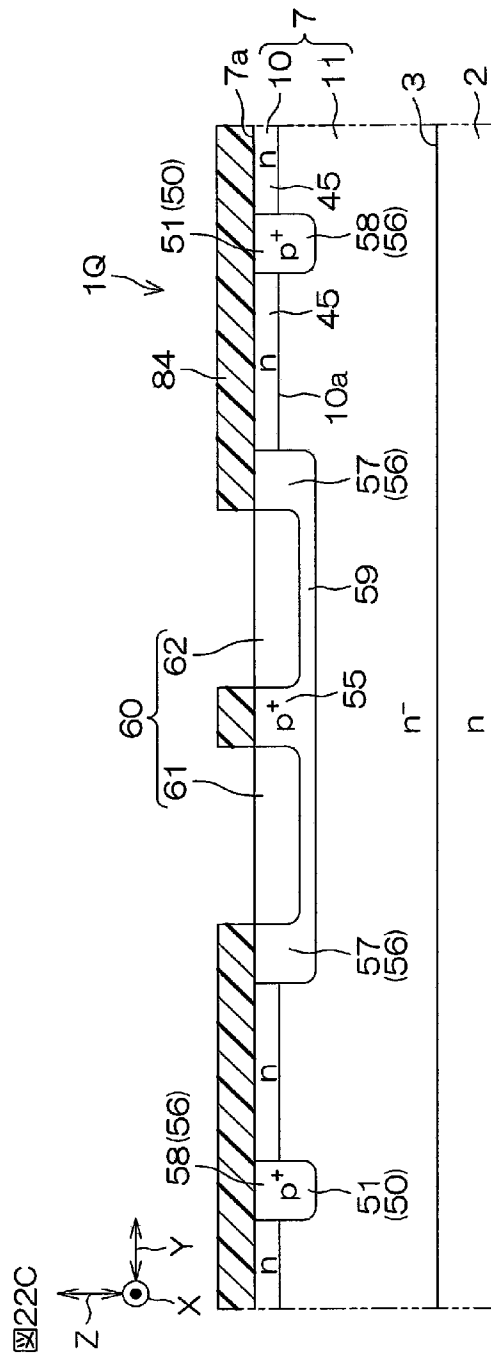
[図22A]



[図22B]



[図22C]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/032533

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01L 21/265 (2006.01)i; H01L 29/06 (2006.01)i; H01L 29/47 (2006.01)i; H01L 29/872 (2006.01)i; H01L 29/861 (2006.01)i; H01L 29/868 (2006.01)i FI: H01L29/86 301F; H01L29/86 301E; H01L29/86 301D; H01L29/06 301G; H01L29/06 301V; H01L29/91 K; H01L29/48 E; H01L29/48 D; H01L29/48 F; H01L29/91 J; H01L29/91 F; H01L29/91 C; H01L21/265 Q; H01L21/265 Z 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) H01L21/265; H01L29/06; H01L29/47; H01L29/872; 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 1971-2021 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)																																
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>JP 2006-295062 A (ROHM CO., LTD.) 26 October 2006 (2006-10-26) paragraphs [0009]-[0014], fig. 1</td> <td>1-4, 8</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td></td> <td>13, 14</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td></td> <td>5-7, 9-12</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>JP 2016-009794 A (SYNAPTICS DISPLAY DEVICE LLC) 18 January 2016 (2016-01-18) paragraphs [0039]-[0050], fig. 1-8</td> <td>1-4, 8, 14</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td></td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td></td> <td>5-7, 9-13</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>JP 7-254718 A (NIPPON INTER ELECTRONICS CORP.) 03 October 1995 (1995-10-03) paragraph [0014], fig. 5</td> <td>1, 3-5, 7, 8, 13</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td></td> <td>13, 14</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td></td> <td>2, 6, 9-12</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	JP 2006-295062 A (ROHM CO., LTD.) 26 October 2006 (2006-10-26) paragraphs [0009]-[0014], fig. 1	1-4, 8	Y		13, 14	A		5-7, 9-12	X	JP 2016-009794 A (SYNAPTICS DISPLAY DEVICE LLC) 18 January 2016 (2016-01-18) paragraphs [0039]-[0050], fig. 1-8	1-4, 8, 14	Y		14	A		5-7, 9-13	X	JP 7-254718 A (NIPPON INTER ELECTRONICS CORP.) 03 October 1995 (1995-10-03) paragraph [0014], fig. 5	1, 3-5, 7, 8, 13	Y		13, 14	A		2, 6, 9-12
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																														
X	JP 2006-295062 A (ROHM CO., LTD.) 26 October 2006 (2006-10-26) paragraphs [0009]-[0014], fig. 1	1-4, 8																														
Y		13, 14																														
A		5-7, 9-12																														
X	JP 2016-009794 A (SYNAPTICS DISPLAY DEVICE LLC) 18 January 2016 (2016-01-18) paragraphs [0039]-[0050], fig. 1-8	1-4, 8, 14																														
Y		14																														
A		5-7, 9-13																														
X	JP 7-254718 A (NIPPON INTER ELECTRONICS CORP.) 03 October 1995 (1995-10-03) paragraph [0014], fig. 5	1, 3-5, 7, 8, 13																														
Y		13, 14																														
A		2, 6, 9-12																														
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.																																
* Special categories of cited documents: “A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed “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 11 November 2021		Date of mailing of the international search report 22 November 2021																														
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.																														

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/032533**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2005-167149 A (SANKEN ELECTRIC CO., LTD.) 23 June 2005 (2005-06-23) paragraphs [0022]-[0024], fig. 4	1, 3, 4, 6-8
Y		13, 14
A		2, 5, 9-12
A	WO 2018/139557 A1 (ROHM CO., LTD.) 02 August 2018 (2018-08-02) paragraphs [0025]-[0185], fig. 1-15	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/032533

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2006-295062	A	26 October 2006	US 2008/0135969 A1 paragraphs [0015]-[0020], fig. 1 US 7535075 B2 WO 2006/112291 A1 EP 1870939 A1 CN 101128937 A	
JP	2016-009794	A	18 January 2016	US 2015/0380570 A1 paragraphs [0086]-[0097], fig. 1-8 CN 105226102 A	
JP	7-254718	A	03 October 1995	(Family: none)	
JP	2005-167149	A	23 June 2005	(Family: none)	
WO	2018/139557	A1	02 August 2018	US 2019/0371885 A1 paragraphs [0127]-[0287], fig. 1-15 DE 212018000097 U1 CN 110226236 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 21/265(2006.01)i; H01L 29/06(2006.01)i; H01L 29/47(2006.01)i; H01L 29/872(2006.01)i; H01L 29/861(2006.01)i; H01L 29/868(2006.01)i FI: H01L29/86 301F; H01L29/86 301E; H01L29/86 301D; H01L29/06 301G; H01L29/06 301V; H01L29/91 K; H01L29/48 E; H01L29/48 D; H01L29/48 F; H01L29/91 J; H01L29/91 F; H01L29/91 C; H01L21/265 Q; H01L21/265 Z																																
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）） H01L21/265; H01L29/06; H01L29/47; H01L29/872; 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2021年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2021年	日本国実用新案登録公報	1996-2021年	日本国登録実用新案公報	1994-2021年																						
日本国実用新案公報	1922-1996年																															
日本国公開実用新案公報	1971-2021年																															
日本国実用新案登録公報	1996-2021年																															
日本国登録実用新案公報	1994-2021年																															
C. 関連すると認められる文献 <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>JP 2006-295062 A（ローム株式会社）26.10.2006（2006-10-26） 段落0009-0014, 図1</td> <td>1-4, 8</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td></td> <td>13, 14</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td></td> <td>5-7, 9-12</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>JP 2016-009794 A（シナプティクス・ディスプレイ・デバイス合同会社）18.01.2016 （2016-01-18） 段落0039-0050, 図1-8</td> <td>1-4, 8, 14</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td></td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td></td> <td>5-7, 9-13</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>JP 7-254718 A（日本インター株式会社）03.10.1995（1995-10-03） 段落0014, 図5</td> <td>1, 3-5, 7, 8, 13</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td></td> <td>13, 14</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td></td> <td>2, 6, 9-12</td> </tr> </tbody> </table>			引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	X	JP 2006-295062 A（ローム株式会社）26.10.2006（2006-10-26） 段落0009-0014, 図1	1-4, 8	Y		13, 14	A		5-7, 9-12	X	JP 2016-009794 A（シナプティクス・ディスプレイ・デバイス合同会社）18.01.2016 （2016-01-18） 段落0039-0050, 図1-8	1-4, 8, 14	Y		14	A		5-7, 9-13	X	JP 7-254718 A（日本インター株式会社）03.10.1995（1995-10-03） 段落0014, 図5	1, 3-5, 7, 8, 13	Y		13, 14	A		2, 6, 9-12
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 2006-295062 A（ローム株式会社）26.10.2006（2006-10-26） 段落0009-0014, 図1	1-4, 8																														
Y		13, 14																														
A		5-7, 9-12																														
X	JP 2016-009794 A（シナプティクス・ディスプレイ・デバイス合同会社）18.01.2016 （2016-01-18） 段落0039-0050, 図1-8	1-4, 8, 14																														
Y		14																														
A		5-7, 9-13																														
X	JP 7-254718 A（日本インター株式会社）03.10.1995（1995-10-03） 段落0014, 図5	1, 3-5, 7, 8, 13																														
Y		13, 14																														
A		2, 6, 9-12																														
☒ 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、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “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 11.11.2021		国際調査報告の発送日 22.11.2021																														
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 3516																														

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 2005-167149 A (サンケン電気株式会社) 23.06.2005 (2005 - 06 - 23) 段落0022-0024, 図4	1, 3, 4, 6-8
Y		13, 14
A		2, 5, 9-12
A	WO 2018/139557 A1 (ローム株式会社) 02.08.2018 (2018 - 08 - 02) 段落0025-0185, 図1-15	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/JP2021/032533

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2006-295062	A	26.10.2006	US 2008/0135969 A1 段落0015-0020, 図1 US 7535075 B2 WO 2006/112291 A1 EP 1870939 A1 CN 101128937 A	
JP	2016-009794	A	18.01.2016	US 2015/0380570 A1 段落0086-0097, 図1-8 CN 105226102 A	
JP	7-254718	A	03.10.1995	(ファミリーなし)	
JP	2005-167149	A	23.06.2005	(ファミリーなし)	
WO	2018/139557	A1	02.08.2018	US 2019/0371885 A1 段落0127-0287, 図1-15 DE 212018000097 U1 CN 110226236 A	