

(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
2016年1月21日(21.01.2016)

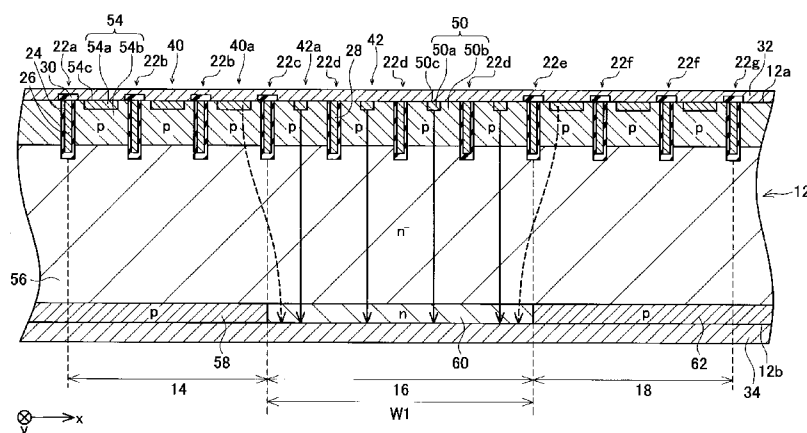


(10) 国際公開番号
WO 2016/009714 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 29/78 (2006.01) H01L 29/861 (2006.01)
H01L 27/04 (2006.01) H01L 29/868 (2006.01)
H01L 29/739 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/064221
- (22) 国際出願日: 2015年5月18日(18.05.2015)
- (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 2014-144283 2014年7月14日(14.07.2014) JP
- (71) 出願人: トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 亀山 悟 (KAMEYAMA Satoru); 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 岩崎 真也 (IWASAKI Shinya); 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 快友国際特許事務所 (KAI-U PATENT LAW FIRM); 〒4516009 愛知県名古屋市中区牛島町6番1号 名古屋ルーセントタワー9階 Aichi (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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).

(54) Title: SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称: 半導体装置



(57) Abstract: In order to reduce the influence of gate interference and improve the reverse recovery characteristic of a diode, the present invention has a diode, which is a diode region located between a first boundary trench and a second boundary trench, and first and second IGBT regions. An emitter region and a body region are formed in each of the IGBT regions. Each body region has a body contact section. An anode region is formed in the diode region. The anode region has an anode contact section. The interval between the first boundary trench and the second boundary trench is 200 μm or greater. The area ratio of the anode contact section in the diode region is less than the area ratio of the body contact section in the first IGBT region and less than the area ratio of the body contact section in the second IGBT region.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2016/009714 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

ゲート干渉の影響を抑制するとともに、ダイオードの逆回復特性を向上させる。ダイオードであつて、第 1 境界トレンチと第 2 境界トレンチの間に位置するダイオード領域と、第 1 及び第 2 IGBT 領域を有する。第 1 及び第 2 IGBT 領域の夫々に、エミッタ領域と、ボディ領域が形成されている。各ボディ領域がボディコンタクト部を有する。ダイオード領域にアノード領域が形成されている。アノード領域がアノードコンタクト部を有する。第 1 境界トレンチと第 2 境界トレンチの間隔が $200\ \mu\text{m}$ 以上である。ダイオード領域内のアノードコンタクト部の面積比率が、第 1 IGBT 領域内のボディコンタクト部の面積比率、及び、第 2 IGBT 領域内のボディコンタクト部の面積比率の何れよりも低い。

明 細 書

発明の名称：半導体装置

技術分野

[0001] 本出願は、2014年7月14日に出願された日本特許出願特願2014-144283の関連出願であり、この日本特許出願に基づく優先権を主張するものであり、この日本特許出願に記載された全ての内容を、本明細書を構成するものとして援用する。

[0002] 本明細書が開示する技術は、半導体装置に関する。

背景技術

[0003] 国際公開第WO/2013/030943号公報（以下、特許文献1という）には、ダイオードとIGBTが同一半導体基板に形成されている半導体装置（いわゆる、RC-IGBT）が開示されている。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] RC-IGBTでは、ダイオードの通電時に、ダイオードに隣接するIGBTのボディ領域からダイオードのドリフト領域にホールが流れ込む。このホールがダイオードの電流に寄与するため、このホールが流れるとダイオードの順電圧は低くなる。また、ダイオードの通電中にIGBTのゲートにオン電圧が印加されると、IGBTのボディ領域からダイオードのドリフト領域に流れ込むホールが減少する。これにより、ダイオードの順電圧が上昇する。以下では、IGBTのゲート電極の電圧に応じてダイオードの順電圧が変動する現象を、ゲート干渉と呼ぶ。ゲート干渉は、ダイオードの順電圧特性を不安定化するため、問題となる。

[0005] 特許文献1には、ゲート干渉を抑制するために、IGBTのボディ領域のコンタクト部（電極に対して導通する部分）を、ダイオードのアノード領域のコンタクト部よりも小さくする技術が開示されている。この構成によれば、IGBTのボディ領域からダイオードのドリフト領域に流れ込むホールが

減少するため、ゲート干渉の影響を小さくすることができる。しかしながら、この構成では、アノード領域のコンタクト部が大きいため、ダイオードの動作時にアノード領域からドリフト領域に高濃度のホールが流入し、ドリフト領域におけるホールの濃度が高くなる。このため、ダイオードの逆回復特性が悪化する。すなわち、順電圧が印加されているダイオードの印加電圧を逆電圧に切り換えると、ダイオードのドリフト領域中に存在するホールがアノード電極に排出され、瞬間的にダイオードに逆電流が流れる。順電圧印加時にドリフト領域中に存在するホールの濃度が高いと、逆電圧印加時にアノード電極に排出されるホールの電流密度も高くなる。その結果、ダイオードの応答速度が遅くなる。したがって、本明細書では、ダイオードの応答速度が速く、かつ、ゲート干渉の影響が小さい半導体装置を提供する。

課題を解決するための手段

[0006] 本明細書が開示する半導体装置は、半導体基板と、前記半導体基板の表面に形成された表面電極と、前記半導体基板の裏面に形成された裏面電極を備えている。前記表面に、第1境界トレンチと、前記第1境界トレンチに沿って伸びる第1トレンチと、前記第1境界トレンチを挟んで前記第1トレンチの反対側に配置されているとともに前記第1境界トレンチに沿って伸びる第2境界トレンチと、前記第2境界トレンチを挟んで前記第1境界トレンチの反対側に配置されているとともに前記第1境界トレンチに沿って伸びる第2トレンチが形成されている。前記半導体基板が、前記第1トレンチと前記第1境界トレンチの間に位置する第1 IGBT領域と、前記第1境界トレンチと前記第2境界トレンチの間に位置するダイオード領域と、前記第2トレンチと前記第2境界トレンチの間に位置する第2 IGBT領域を備えている。前記第1トレンチ及び前記第2トレンチのそれぞれの内部に、ゲート絶縁膜と、前記ゲート絶縁膜によって前記半導体基板から絶縁されたゲート電極が配置されている。前記各ゲート電極と前記表面電極の間に、層間絶縁膜が配置されている。前記第1境界トレンチ及び前記第2境界トレンチのそれぞれの内部に絶縁層が配置されている。前記第1 IGBT領域及び前記第2 IGBT

B T領域の夫々に、前記表面電極と前記ゲート絶縁膜に接しているn型のエミッタ領域と、前記表面電極に接するとともに前記エミッタ領域の裏面側で前記ゲート絶縁膜に接しているp型のボディ領域が形成されている。前記各ボディ領域が、前記表面におけるp型不純物濃度が $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上であるとともに前記表面電極に接しているボディコンタクト部を有している。前記ダイオード領域に、前記表面電極に接しているp型のアノード領域が形成されている。前記アノード領域が、前記表面におけるp型不純物濃度が $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上であるとともに前記表面電極に接しているアノードコンタクト部を有している。前記各ボディ領域及び前記アノード領域の裏面側の領域に、前記第1 IGBT領域、前記第2 IGBT領域及び前記ダイオード領域に跨って伸びるn型領域が形成されている。前記n型領域が、前記ダイオード領域内の少なくとも一部で前記裏面電極に接している。前記第1 IGBT領域内の前記n型領域の裏面側の領域の少なくとも一部、及び、前記第2 IGBT領域内の前記n型領域の裏面側の領域の少なくとも一部に、前記裏面電極に接するp型のコレクタ領域が形成されている。前記第1境界トレンチと前記第2境界トレンチの間隔が $200 \mu\text{m}$ 以上である。前記ダイオード領域内の前記表面に占める前記アノードコンタクト部の面積の比率が、前記第1 IGBT領域内の前記表面に占める前記ボディコンタクト部の面積の比率、及び、前記第2 IGBT領域内の前記表面に占める前記ボディコンタクト部の面積の比率の何れよりも低い。

[0007] なお、本明細書において、所定表面に占める所定部分の面積の比率は、所定部分の面積を、所定表面の面積で除算した値を意味する。例えば、「前記ダイオード領域内の前記表面に占める前記アノードコンタクト部の面積の比率」は、アノードコンタクト部の面積を、ダイオード領域内の表面の面積で除算した値を意味する。また、上記の「前記第1境界トレンチと前記第2境界トレンチの間隔」は、半導体基板の前記表面を平面視した場合における前記第1境界トレンチのセンターラインと前記第2境界トレンチのセンターラインの間の距離を意味する。

[0008] このように、第1境界トレンチと第2境界トレンチの間の間隔（すなわち、ダイオード領域の幅）を $200\mu\text{m}$ 以上と広くすることで、ダイオードの通電時にアノード領域からドリフト領域に流入するホールの量が多くなる。また、ダイオードの通電時にボディ領域からドリフト領域に流入するホールは、IGBT領域とダイオード領域の境界近傍でのみ流れるため、ダイオード領域の幅を広くしても増加しない。したがって、ダイオード領域の幅を広くすることで、ボディ領域を経由して流れるホールのアノード領域を経由して流れるホールに対する比率を減らすことができる。これによって、ボディ領域を経由して流れるホール（すなわち、ゲート干渉により流量が変動するホール）の影響が低減され、ダイオードの順電圧が安定する。また、上記のようにアノード領域のコンタクト部の面積比率をボディ領域のコンタクト部の面積比率に比べて小さくすることで、ダイオードの動作時にアノード領域からドリフト領域に供給されるホールによってドリフト領域内のホールの濃度が過剰に上昇することを防止することができる。これによって、ダイオードの逆回復特性を改善することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]半導体装置10の平面図。

[図2]図1のII-II線における縦断面図。

[図3]図1のIII-III線における縦断面図。

[図4]トレンチ22c近傍の半導体基板10の拡大平面図。

[図5] $V_{fp}-V_{fa}$ と間隔 W_1 の関係を示すグラフ。

[図6]実施例2の半導体装置のトレンチ22c近傍の半導体基板10の拡大平面図。

発明を実施するための形態

[0010] 最初に、実施例の半導体装置の特徴を列記する。なお、以下の各特徴は、何れも、独立して有用なものである。

（特徴1） ダイオード領域内の表面に、第1境界トレンチに沿って伸びる複数の第3トレンチが形成されていてもよい。ダイオード領域内の複数の第

3 トレンチと、第1境界トレンチと、第2境界トレンチのいずれか2つに挟まれたダイオードセル領域の夫々に、前記アノードコンタクト部を含む前記アノード領域が形成されていてもよい。

(特徴2) 第1 IGBT 領域内及び第2 IGBT 領域内の夫々に、第1境界トレンチに沿って伸びる複数の第4 トレンチが形成されていてもよい。第4 トレンチの夫々の内部に、ゲート絶縁膜とゲート電極が形成されていてもよい。複数の第4 トレンチと、第1境界トレンチと、第2境界トレンチのいずれか2つに挟まれた IGBT セル領域の夫々に、エミッタ領域と、ボディコンタクト部を含むボディ領域が形成されていてもよい。

(特徴3) 各ダイオードセル領域内において、ダイオードセル領域内の表面に占めるアノードコンタクト部の面積の比率が、IGBTセル領域内の表面に占めるボディコンタクト部の面積の比率の何れよりも低くてもよい。

(特徴4) 各アノードコンタクト部が、第3 トレンチに沿って伸びていてもよい。

(特徴5) 各ダイオードセル領域が、互いから分離された複数のアノードコンタクト部を有していてもよい。複数のアノードコンタクト部が、各ダイオードセル領域において、第3 トレンチに沿って配列されていてもよい。

(特徴6) 第1境界トレンチに隣接するダイオードセル領域内の各アノードコンタクト部が、第1境界トレンチに隣接する IGBT セル領域内のエミッタ領域から見て第1境界トレンチの幅方向の位置に配置されている。

実施例 1

[0011] 図1に示す半導体装置10は、シリコン製の半導体基板12を有している。なお、図1では、半導体基板12の表面(おもて面)12a上に形成された電極、絶縁層等の図示を省略している。図1に示すように、半導体基板12の表面12aには、複数のトレンチ22が形成されている。複数のトレンチ22は、表面12aの平面視において互いに平行に伸びている。以下では、図1におけるトレンチ22の長手方向をy方向といい、図1においてy方向に直交する方向をx方向という。

- [0012] 半導体基板 12 は、表面 12 a の平面視において、第 1 | G B T 領域 14、ダイオード領域 16、第 2 | G B T 領域 18 及び外周領域 20 に区画することができる。なお、図 1 においては、第 1 | G B T 領域 14 及び第 2 | G B T 領域 18 を斜線のハッチングにより示しており、ダイオード領域 16 をドットのパッチングにより示している。後に詳述するが、第 1 | G B T 領域 14 及び第 2 | G B T 領域 18 には | G B T が形成されており、ダイオード領域 16 にはダイオードが形成されている。
- [0013] 第 1 | G B T 領域 14 は、複数のトレンチ 22 のうちのトレンチ 22 a とトレンチ 22 c の間に形成されている。より詳細には、第 1 | G B T 領域 14 は、表面 12 a の平面視において、トレンチ 22 a、トレンチ 22 c、及び、トレンチ 22 a とトレンチ 22 c の両端部を繋ぐ直線によって囲まれた領域である。第 1 | G B T 領域 14 内の表面 12 a には、複数のトレンチ 22 のうちの一部のトレンチ（複数のトレンチ 22 b）が形成されている。
- [0014] 第 2 | G B T 領域 18 は、複数のトレンチ 22 のうちのトレンチ 22 e とトレンチ 22 g の間に形成されている。より詳細には、第 2 | G B T 領域 18 は、表面 12 a の平面視において、トレンチ 22 e、トレンチ 22 g、及び、トレンチ 22 e とトレンチ 22 g の両端部を繋ぐ直線によって囲まれた領域である。第 2 | G B T 領域 18 内の表面 12 a には、複数のトレンチ 22 のうちの一部のトレンチ（複数のトレンチ 22 f）が形成されている。
- [0015] ダイオード領域 16 は、複数のトレンチ 22 のうちのトレンチ 22 c とトレンチ 22 e の間に形成されている。より詳細には、ダイオード領域 16 は、表面 12 a の平面視において、トレンチ 22 c、トレンチ 22 e、及び、トレンチ 22 c とトレンチ 22 e の両端部を繋ぐ直線によって囲まれた領域である。ダイオード領域 16 は、第 1 | G B T 領域 14 と第 2 | G B T 領域 18 の間に配置されている。ダイオード領域 16 内の表面 12 a には、複数のトレンチ 22 のうちの一部のトレンチ（複数のトレンチ 22 d）が形成されている。
- [0016] 外周領域 20 は半導体基板 12 の外周端近傍の領域である。外周領域 20

は、第1 IGBT領域14、ダイオード領域16及び第2 IGBT領域18の周囲に形成されている。

[0017] 図2、3に示すように、各トレンチ22（すなわち、トレンチ22a～22g）は、半導体基板12の表面12aから半導体基板12の厚み方向に伸びている。各トレンチ22の内部には、絶縁膜24が形成されている。絶縁膜24は、各トレンチ22の底面及び側面を覆っている。トレンチ22a、22b、22c、22e、22f及び22g内には、ゲート電極26が配置されている。ゲート電極26は、絶縁膜24によって半導体基板12から絶縁されている。トレンチ22d内には、制御電極28が配置されている。制御電極28は、絶縁膜24によって半導体基板12から絶縁されている。各ゲート電極26は、図示しない配線によってゲートパッドに接続されている。ゲート電極26の電位は、制御電極28の電位から独立して制御可能とされている。制御電極28は、エミッタ電極32に接続されている。ゲート電極26の上面は、層間絶縁膜30に覆われている。なお、以下では、第1 IGBT領域14内及び第2 IGBT領域18内の半導体領域のうち、2つのトレンチ22に挟まれた半導体領域をセル領域40と呼ぶ。また、以下では、ダイオード領域16内の半導体領域のうち、2つのトレンチ22に挟まれた半導体領域をセル領域42と呼ぶ。

[0018] 図2、3に示すように、半導体基板12の表面12aには、アルミニウム製の表面電極32が形成されている。表面電極32は、層間絶縁膜30によって各ゲート電極26及び各制御電極28から絶縁されている。半導体基板12の裏面12bには、アルミニウム製の裏面電極34が形成されている。

[0019] 図4は、トレンチ22c近傍のセル領域40、42の表面12aを示している。なお、図4では、図の見易さのため、トレンチ22を斜線のハッチングにより示している。以下では、トレンチ22cに隣接するセル領域40をセル領域40aと呼び、トレンチ22cに隣接するセル領域42をセル領域42aと呼ぶ。

[0020] 図2～4に示すように、セル領域42aには、p型のアノード領域50が

形成されている。アノード領域50は、半導体基板12の表面12aに露出している。アノード領域50は、表面12aからゲート電極26の下端及び制御電極28の下端よりも浅い位置（表面12a側の位置）まで広がっている。アノード領域50は、p型不純物濃度が $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上である高濃度領域50aと、p型不純物濃度が $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 未満である低濃度領域50bを有している。高濃度領域50aは、表面12a近傍にのみ形成されている。高濃度領域50aは、セル領域42aのx方向の中央部に形成されている。高濃度領域50aは、表面12aに露出している。高濃度領域50aは、トレンチ22に沿ってy方向に長く伸びている。低濃度領域50bは、高濃度領域50aの側方において表面12aに露出している。低濃度領域50bは、高濃度領域50aの下側にも形成されている。高濃度領域50aと低濃度領域50bは、表面12aにおいて、表面電極32に接している。高濃度領域50aのp型不純物濃度が高いため、高濃度領域50aと表面電極32の間に存在する障壁は小さい。すなわち、高濃度領域50aは表面電極32に対してオーミック接続されている。以下では、高濃度領域50aと表面電極32との接触面を、コンタクト部50cと呼ぶ。図4に示すように、コンタクト部50cは、トレンチ22に沿ってy方向に長く伸びている。他方、低濃度領域50bのp型不純物濃度が低いため、低濃度領域50bと表面電極32の間には高い障壁が存在する。すなわち、低濃度領域50bは表面電極32に対してショットキー接続されている。

[0021] 各セル領域42は、上述したセル領域42aと同じ構造を有している。なお、各セル領域42には、後述するエミッタ領域52のように、表面電極32及び絶縁膜24に接するn型領域は形成されていない。言い換えると、トレンチ22に挟まれた領域のうち、表面電極32及び絶縁膜24に接するn型領域が形成されていない領域がダイオード領域16に相当する。なお、実施例1では、アノード領域50の内部にn型領域が形成されていないが、表面電極32及び絶縁膜24に接するn型領域以外のn型領域がアノード領域

50の内部に形成されていてもよい。例えば、絶縁膜24に接するが、表面電極32に接しないn型領域がアノード領域50の内部に形成されていてもよい。

[0022] 図2～4に示すように、セル領域40aには、エミッタ領域52とボディ領域54が形成されている。

[0023] エミッタ領域52は、n型であり、半導体基板12の表面12aに露出している。エミッタ領域52は、表面12a近傍にのみ形成されている。セル領域40a内には、y方向に間隔を開けて複数のエミッタ領域52が形成されている。エミッタ領域52は、表面12aにおいて、表面電極32に接している。エミッタ領域52のn型不純物濃度が高いため、エミッタ領域52と表面電極32の間に存在する障壁は小さい。すなわち、エミッタ領域52は表面電極32に対してオーミック接続されている。また、エミッタ領域52は、セル領域40aの両側のトレンチ22内の絶縁膜24に接している。

[0024] ボディ領域54は、p型であり、エミッタ領域52が形成されていない位置で表面12aに露出している。ボディ領域54は、表面12aからゲート電極26の下端及び制御電極28の下端よりも浅い位置まで広がっている。ボディ領域54は、セル領域40aの両側のトレンチ22内の絶縁膜24に接している。ボディ領域54は、エミッタ領域52の下側にも形成されている。ボディ領域54は、エミッタ領域52の下側で、セル領域40aの両側のトレンチ22内の絶縁膜24に接している。

[0025] ボディ領域54は、p型不純物濃度が $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上である高濃度領域54aと、p型不純物濃度が $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 未満である低濃度領域54bを有している。高濃度領域54aは、表面12a近傍にのみ形成されている。高濃度領域54aは、表面12aに露出している。低濃度領域54bは、高濃度領域54aの側方において表面12aに露出している。また、エミッタ領域52及び高濃度領域54aよりも裏面12b側のボディ領域54は、低濃度領域54bである。高濃度領域54aのp型不純物濃度が高いため、高濃度領域54aと表面電極32の間に存在する

障壁は小さい。すなわち、高濃度領域 5 4 a は表面電極 3 2 に対してオーミック接続されている。以下では、高濃度領域 5 4 a と表面電極 3 2 との接触面を、コンタクト部 5 4 c と呼ぶ。低濃度領域 5 4 b の p 型不純物濃度が低いため、低濃度領域 5 4 b と表面電極 3 2 の間には高い障壁が存在する。すなわち、低濃度領域 5 4 b は表面電極 3 2 に対してショットキー接続されている。

[0026] なお、ボディ領域 5 4 の高濃度領域 5 4 a とアノード領域 5 0 の高濃度領域 5 0 a は、p 型イオンの注入によって一度に形成される。このため、高濃度領域 5 4 a の p 型不純物濃度は高濃度領域 5 0 a の p 型不純物濃度と略等しい。また、高濃度領域 5 4 a の深さは高濃度領域 5 0 a の深さと略等しい。

[0027] 各セル領域 4 0 は、上述したセル領域 4 0 a と同じ構造を有している。各セル領域 4 0 a 内において、エミッタ領域 5 2 とボディ領域 5 4 の y 方向の位置は等しい。したがって、表面 1 2 a を平面視すると、エミッタ領域 5 2 とボディ領域 5 4 が、トレンチ 2 2 を横切って x 方向に伸びているように見える。

[0028] アノード領域 5 0 及びボディ領域 5 4 の裏面 1 2 b 側の領域には、n 型のドリフト領域 5 6 が形成されている。ドリフト領域 5 6 の n 型不純物濃度は低い。ドリフト領域 5 6 は、第 1 IGBT 領域 1 4、ダイオード領域 1 6 及び第 2 IGBT 領域 1 8 の間に跨って伸びている。すなわち、第 1 IGBT 領域 1 4、ダイオード領域 1 6 及び第 2 IGBT 領域 1 8 の間でドリフト領域 5 6 が連続している。ドリフト領域 5 6 は、ボディ領域 5 4 によってエミッタ領域 5 2 から分離されている。ドリフト領域 5 6 は、アノード領域 5 0 及びボディ領域 5 4 に接している。また、ドリフト領域 5 6 は、各トレンチ 2 2 の下端近傍の絶縁膜 2 4 に接している。したがって、各ゲート電極 2 6 及び各制御電極 2 8 は、絶縁膜 2 4 を介してエミッタ領域 5 2、ボディ領域 5 4 及びドリフト領域 5 6 に対向している。

[0029] ダイオード領域 1 6 内のドリフト領域 5 6 の裏面 1 2 b 側の領域には、n

型のカソード領域60が形成されている。カソード領域60は、ドリフト領域56よりも高いn型不純物濃度を有している。カソード領域60は、ドリフト領域56に接している。カソード領域60は、裏面12bに露出している。カソード領域60は、裏面12bにおいて裏面電極34に接している。カソード領域60は、裏面電極34に対してオーミック接続されている。

[0030] 第1IGBT領域14内のドリフト領域56の裏面12b側の領域には、p型のコレクタ領域58が形成されている。コレクタ領域58は、ドリフト領域56に接している。コレクタ領域58は、裏面12bに露出している。コレクタ領域58は、裏面12bにおいて裏面電極34に接している。コレクタ領域58は、裏面電極34に対してオーミック接続されている。

[0031] 第2IGBT領域18内のドリフト領域56の裏面12b側の領域には、p型のコレクタ領域62が形成されている。コレクタ領域62は、ドリフト領域56に接している。コレクタ領域62は、裏面12bに露出している。コレクタ領域62は、裏面12bにおいて裏面電極34に接している。コレクタ領域62は、裏面電極34に対してオーミック接続されている。

[0032] ダイオード領域16内には、アノード領域50、ドリフト領域56及びカソード領域60によってダイオードが形成されている。第1IGBT領域14及び第2IGBT領域18内には、エミッタ領域52、ボディ領域54、ドリフト領域56、コレクタ領域58、ゲート電極26及び絶縁膜24によってIGBTが形成されている。

[0033] 図1～3に示す間隔W1は、トレンチ22cとトレンチ22eの間隔を示す。より詳細には、間隔W1は、表面12aを平面視したときのトレンチ22cの中心線とトレンチ22eの中心線との間隔を示す。間隔W1は、ダイオード領域16の幅を表す。間隔W1は、200 μ m以上である。

[0034] 次に、各領域のコンタクト面積比率について説明する。コンタクト面積比率は、所定の領域内においてコンタクト部が占める割合である。以下では、各セル領域42（すなわち、2つのトレンチ22に挟まれたダイオード領域16内の半導体領域）の表面12aにおける面積をS1、各セル領域42内

のコンタクト部50cの面積を S_2 、各セル領域40（すなわち、2つのトレンチ22に挟まれたIGBT領域14、18内の半導体領域）の表面12aにおける面積を S_3 、各セル領域40内のコンタクト部54cの面積を S_4 とする。また、第1IGBT領域14の表面12aにおける面積を S_{11} 、ダイオード領域16の表面12aにおける面積を S_d 、第2IGBT領域18の表面12aにおける面積を S_{12} とする。また、第1IGBT領域14内のコンタクト部54cの総面積を ΣS_{2-1} とし、第2IGBT領域18内のコンタクト部54cの総面積を ΣS_{2-2} とし、ダイオード領域16内のコンタクト部50cの総面積を ΣS_4 とする。

[0035] セル領域42のコンタクト面積比率は S_2/S_1 であり、セル領域40のコンタクト面積比率は S_4/S_3 である。誤差等によりセル領域42毎にコンタクト面積比率 S_2/S_1 は多少異なるが、各セル領域42のコンタクト面積比率 S_2/S_1 は互いに略等しい。また、誤差等によりセル領域40毎にコンタクト面積比率 S_4/S_3 は多少異なるが、各セル領域40のコンタクト面積比率 S_4/S_3 は互いに略等しい。半導体装置10では、 $S_2/S_1 < S_4/S_3$ が満たされている。すなわち、各セル領域42のコンタクト面積比率 S_2/S_1 が、各セル領域40のコンタクト面積比率 S_4/S_3 の何れよりも低い。

[0036] また、第1IGBT領域14のコンタクト面積比率は、 $\Sigma S_{2-1}/S_{11}$ である。第2IGBT領域18のコンタクト面積比率は、 $\Sigma S_{2-2}/S_{12}$ である。 $S_2/S_1 < S_4/S_3$ が満たされているため、半導体装置10では、 $S_2/S_1 < \Sigma S_{2-1}/S_{11}$ が満たされるとともに、 $S_2/S_1 < \Sigma S_{2-2}/S_{12}$ が満たされる。すなわち、各セル領域42のコンタクト面積比率 S_2/S_1 が、第1IGBT領域14のコンタクト面積比率 $\Sigma S_{2-1}/S_{11}$ と第2IGBT領域18のコンタクト面積比率 $\Sigma S_{2-2}/S_{12}$ の何れよりも低い。

[0037] また、ダイオード領域16のコンタクト面積比率は、 $\Sigma S_4/S_d$ である。 $S_2/S_1 < S_4/S_3$ が満たされているため、半導体装置10では、 Σ

$S_4 / S_d < \Sigma S_{2-1} / S_{11}$ が満たされるとともに、 $\Sigma S_4 / S_d < \Sigma S_{2-2} / S_{12}$ が満たされる。すなわち、ダイオード領域 16 のコンタクト面積比率 $\Sigma S_4 / S_d$ が、第 1 IGBT 領域 14 のコンタクト面積比率 $\Sigma S_{2-1} / S_{11}$ と第 2 IGBT 領域 18 のコンタクト面積比率 $\Sigma S_{2-2} / S_{12}$ の何れよりも低い。また、半導体装置 10 では、 $\Sigma S_4 / S_d < S_4 / S_3$ も満たされる。すなわち、ダイオード領域 16 のコンタクト面積比率 $\Sigma S_4 / S_d$ が、各セル領域 40 のコンタクト面積比率 S_4 / S_3 の何れよりも低い。

[0038] 次に、半導体装置 10 の動作について説明する。まず、IGBT の動作について説明する。裏面電極 34 と表面電極 32 の間に裏面電極 34 が高電位となる電圧が印加され、ゲート電極 26 の電位（すなわち、ゲート電位）を閾値以上に上昇させると、第 1 IGBT 領域 14 内及び第 2 IGBT 領域 18 内の IGBT がオンする。より詳細には、閾値以上のゲート電位が印加されると、絶縁膜 24 近傍のボディ領域 54 にチャンネルが形成される。すると、電子が、エミッタ領域 52 から、ボディ領域 54 とドリフト領域 56 を介してコレクタ領域 58 へ流れる。また、ホールが、コレクタ領域 58 から、ドリフト領域 56 を介してボディ領域 54 へ流れる。このため、裏面電極 34 から表面電極 32 に向かって電流が流れる。ゲート電位を閾値未満に低下させると、チャンネルが消失し、電流が停止する。すなわち、IGBT がオフする。

[0039] 次に、ダイオードの順方向動作について説明する。表面電極 32 と裏面電極 34 の間に表面電極 32 が高電位となる電圧（以下、順電圧）が印加されると、ダイオード領域 16 内のダイオードがオンする。すなわち、図 2、3 において実線の矢印で示すように、ホールが、各アノード領域 50 からドリフト領域 56 を介してカソード領域 60 に流れる。また、電子が、カソード領域 60 からドリフト領域 56 を介して各アノード領域 50 に流れる（すなわち、図 3 の実線の矢印と逆向きに流れる。）。このため、電流が、表面電極 32 から裏面電極 34 に向かって流れる。以下では、図 2、3 の実線の矢

印に示すように流れる電流を、主電流という。

[0040] また、第1 IGBT領域14とダイオード領域16の境界部には、ボディ領域54と、ドリフト領域56と、カソード領域60によって寄生的なダイオードが形成されている。第2 IGBT領域18とダイオード領域16の境界部にも、同様にして寄生的なダイオードが形成されている。順電圧が印加されると、これらの寄生的なダイオードがオンし、図2の点線の矢印で示す経路でもホールが流れる。すなわち、ホールが、ボディ領域54からドリフト領域56を介してカソード領域60に流れる。以下では、図2の点線の矢印で示す経路で流れるホールによる電流を、寄生電流という。また、ダイオードがオンしている間に、閾値以上のゲート電位が印加される場合がある。すると、ダイオードの動作中にボディ領域54にチャンネルが形成される。チャンネルが形成されると、ボディ領域54の下端と表面電極32の間の電位差が小さくなる。このため、寄生的なダイオードにほとんどホールが流れなくなり、寄生電流が小さくなる。このように、寄生電流は、ゲート電位に応じて増減する。このため、ダイオードに所定電流が流れるときの順電圧 V_f は、ゲート電位に応じて変化する。この現象は、ゲート干渉と呼ばれる。しかしながら、実施例1の半導体装置10では、ゲート干渉により順電圧 V_f が変動し難い。以下に、その理由を説明する。

[0041] 上述したように、実施例1の半導体装置10では、間隔W1（すなわち、ダイオード領域16の幅）が、 $200\mu\text{m}$ 以上である。このようにダイオード領域16の幅が広いと、ダイオード領域16の面積が広がり、ダイオードのオン時にダイオード領域16に流れる主電流が多くなる。これに対し、図2に示すように、寄生電流はダイオード領域16とIGBT領域14、18との境界近傍にのみ流れる。したがって、間隔W1を広くしても、寄生電流は増加しない。したがって、間隔W1を広くすることで、主電流に対する寄生電流の割合が低下する。このように寄生電流の割合が低くなると、ゲート干渉による順電圧 V_f への影響が小さくなる。このため、半導体装置10では、ゲート干渉により順電圧 V_f が変動し難い。

[0042] 図5は、間隔 $W1$ を変更したときにおける順電圧 V_{fp} と順電圧 V_{fa} の差の変化を表している。なお、順電圧 V_{fp} は、ゲート電位が閾値以上であるとき（ゲート干渉が起きているとき）にダイオードに30Aの電流を流したときの順電圧であり、順電位 V_{fa} は、ゲート電位が閾値未満であるとき（ゲート干渉が起きていないとき）にダイオードに30Aの電流を流した時の順電圧である。順電圧 V_{fp} は順電圧 V_{fa} よりも高い。電圧差 $V_{fp} - V_{fa}$ が大きいほど、ゲート干渉の影響が大きい。図5から、間隔 $W1$ が小さいほど、ゲート干渉の影響が大きくなることが分かる。また、図5から、間隔 $W1$ が200 μm 以上であれば、電圧差 $V_{fp} - V_{fa}$ が低い値で略一定となり、ゲート干渉の影響を最小化できることが分かる。実施例1の半導体装置10は、間隔 $W1$ が200 μm 以上であるので、ゲート干渉により順電圧 V_f が変動することが抑制される。なお、図5からあきらかなように、間隔 $W1$ を250 μm 以上とすると、より順電圧 V_f が安定するため、好ましい。

[0043] 次に、ダイオードの逆回復動作について説明する。ダイオードへの印加電圧が順電圧から逆電圧（すなわち、順電圧と逆向きの電圧）に切り換えられると、ダイオード領域16内のダイオードが逆回復動作を行う。より詳細には、順電圧印加時には、ドリフト領域56に多くのホールが存在している。印加電圧が順電圧から逆電圧に切り換えられると、ドリフト領域56内のホールが、アノード領域50を經由して表面電極32に排出される。このため、ダイオードに逆電流が流れる。ドリフト領域56からのホールの排出が進行するに従って、逆電流は減衰する。このとき、ドリフト領域56内に高濃度にホールが存在していると、ホールがなかなか排出されず、逆電流の減衰速度が遅くなる。このため、ダイオードの応答速度が遅くなる。しかしながら、実施例1の半導体装置10では、逆回復動作時の逆電流が短時間で減衰する。以下に、その理由を説明する。

[0044] 上述したように、実施例1の半導体装置10では、ダイオード領域16のコンタクト面積比率 $\Sigma S_4 / S_d$ が、第1IGBT領域14のコンタクト面

積比率 $\Sigma S_{2-1}/S_{11}$ と第2 IGBT領域18のコンタクト面積比率 $\Sigma S_{2-2}/S_{12}$ の何れよりも低い。特に、ダイオード領域16内の各セル領域42のコンタクト面積比率 S_2/S_1 が、IGBT領域14、18内の各セル領域40のコンタクト面積比率 S_4/S_3 の何れよりも低い。このようにダイオード領域16内でコンタクト面積比率が低くなっているため、順電圧印加時に表面電極32からコンタクト部50cを介してドリフト領域56に供給されるホールの濃度が低い。このように、順電圧印加時にドリフト領域56に存在するホールの濃度が低いため、逆回復動作時に逆電流として流れるホールの濃度（すなわち、電流密度）が低い。したがって、逆電流は短時間で減衰する。このため、実施例1の半導体装置10では、ダイオードの応答速度が速い。

[0045] 以上に説明したように、実施例1の半導体装置10では、ダイオード領域16の幅 W_1 が広いと、ダイオードに流れるホール電流の密度を高くすることなく、ダイオードに流れる主電流を高くすることが実現されている。これによって、寄生電流の影響が減少し、ゲート干渉による順電圧の変動が抑制される。また、実施例1の半導体装置10では、ダイオード領域16のコンタクト面積比率が低いため、ダイオードに流れるホール電流の密度が低く、ダイオードの良好な応答速度が実現される。

[0046] なお、上述した実施例1では、カソード領域60とコレクタ領域58の境界がダイオード領域16と第1 IGBT領域14の境界と一致しており、カソード領域60とコレクタ領域62の境界がダイオード領域16と第2 IGBT領域18の境界と一致していた。しかしながら、必ずしもこのように形成されている必要はなく、表面12a側と裏面12b側とで各境界の位置がずれていてもよい。カソード領域60は、ダイオード領域16内の少なくとも一部に形成されていればよく、コレクタ領域58は第1 IGBT領域14の少なくとも一部に形成されていればよく、コレクタ領域62は第2 IGBT領域18の少なくとも一部に形成されていればよい。

[0047] また、上述した実施例1では、ゲート電極26の電位が制御電極28の電

位から独立して制御可能とされていた。しかしながら、ゲート電極 26 と制御電極 28 の両方がゲートパッドに接続されていてもよい。また、ダイオード領域 16 内のトレンチ 22 d の内部に制御電極 28 が配置されておらず、トレンチ 22 d が絶縁層で埋め込まれていてもよい。また、境界部のトレンチ 22 c、22 e の内部にゲート電極 26 が配置されておらず、トレンチ 22 c、22 e が絶縁層で埋め込まれていてもよい。

[0048] また、各アノード領域 50 は、トレンチ 22 によって互いから分離されていてもよいし、図示しない位置で互いに繋がっていてもよい。また、各ボディ領域 54 は、トレンチ 22 によって互いから分離されていてもよいし、図示しない位置で互いに繋がっていてもよい。また、アノード領域 50 とボディ領域 54 は、トレンチ 22 によって互いから分離されていてもよいし、図示しない位置で互いに繋がっていてもよい。

[0049] また、上述した実施例 1 では、半導体基板 12 に、1つのダイオード領域 16 と2つの IGBT 領域 14、18 が形成されていた。しかしながら、半導体基板の表面の平面視において、複数のダイオード領域と複数の IGBT 領域が交互に繰り返し形成されていてもよい。この場合にも、2つの IGBT 領域に挟まれたダイオード領域の幅を $200\ \mu\text{m}$ 以上とし、ダイオード領域のコンタクト面積比率を隣接する2つの IGBT 領域のコンタクト面積比率より低くすることで、実施例 1 と同様の効果を得ることができる。

[0050] 実施例 1 の半導体装置の構成要素と、請求項の構成要素との対応関係について説明する。実施例 1 のトレンチ 22 c は請求項の第 1 境界トレンチの一例であり、実施例 1 のトレンチ 22 a は請求項の第 1 トレンチの一例であり、実施例 1 のトレンチ 22 e は請求項の第 2 境界トレンチの一例であり、実施例 1 のトレンチ 22 g は請求項の第 2 トレンチの一例であり、実施例 1 のドリフト領域 56 及びカソード領域 60 は、請求項の n 型領域の一例であり、実施例 1 のトレンチ 22 d は請求項の第 3 トレンチの一例であり、実施例 1 のセル領域 42 は請求項のダイオードセル領域の一例であり、実施例 1 のトレンチ 22 b、22 f は請求項の第 4 トレンチの一例であり、実施例 1 の

セル領域40は請求項のIGBTセル領域の一例である。

実施例 2

[0051] 図6に示すように、実施例2の半導体装置は、1つのセル領域42内に、複数の高濃度領域50aが形成されている。すなわち、1つのセル領域42内に、複数のコンタクト部50cが形成されている。セル領域42内において、複数のコンタクト部50cは、y方向に沿って一列に配列されている。また、各コンタクト部50cは、エミッタ領域52に対してx方向の位置に配置されている。実施例2の半導体装置のその他の構成は、実施例1の半導体装置と等しい。実施例2の構成でも、ダイオード領域16のコンタクト面積比率がIGBT領域14、18のコンタクト面積比率より小さい。したがって、ダイオードの応答速度が速い。また、ダイオード領域16の幅W1が $200\mu\text{m}$ 以上であるため、ゲート干渉による順電圧の変動が抑制される。また、このような構成によれば、各コンタクト部50cの間隔を広げることによってコンタクト部50cの面積比率を小さくすることができる。このため、コンタクト部50cの幅を狭くすることなく、コンタクト部50cの面積比率を小さくすることができる。また、各コンタクト部50cがエミッタ領域52から見てx方向の位置に配置されているので、IGBTがターンオフするとき、エミッタ領域52の裏面側のドリフト領域56内に存在するホールが、ダイオード領域16内のコンタクト部50cを通過して表面電極に排出される。したがって、このようにエミッタ領域52に対してx方向の位置にコンタクト部50cを配置することで、IGBTの良好なスイッチング速度を実現することができる。

[0052] 以上、本発明の具体例を詳細に説明したが、これらは例示にすぎず、特許請求の範囲を限定するものではない。特許請求の範囲に記載の技術には、以上に例示した具体例をさまざまに変形、変更したものが含まれる。

本明細書または図面に説明した技術要素は、単独であるいは各種の組み合わせによって技術的有用性を発揮するものであり、出願時請求項記載の組み合わせに限定されるものではない。また、本明細書または図面に例示した技

術は複数目的を同時に達成するものであり、そのうちの一つの目的を達成すること自体で技術的有用性を持つものである。

請求の範囲

[請求項1]

半導体装置であって、

半導体基板と、前記半導体基板の表面に形成された表面電極と、前記半導体基板の裏面に形成された裏面電極を備えており、

前記表面に、第1境界トレンチと、前記第1境界トレンチに沿って伸びる第1トレンチと、前記第1境界トレンチを挟んで前記第1トレンチの反対側に配置されているとともに前記第1境界トレンチに沿って伸びる第2境界トレンチと、前記第2境界トレンチを挟んで前記第1境界トレンチの反対側に配置されているとともに前記第1境界トレンチに沿って伸びる第2トレンチが形成されており、

前記半導体基板が、前記第1トレンチと前記第1境界トレンチの間に位置する第1IGBT領域と、前記第1境界トレンチと前記第2境界トレンチの間に位置するダイオード領域と、前記第2トレンチと前記第2境界トレンチの間に位置する第2IGBT領域を備えており、

前記第1トレンチ及び前記第2トレンチのそれぞれの内部に、ゲート絶縁膜と、前記ゲート絶縁膜によって前記半導体基板から絶縁されたゲート電極が配置されており、

前記各ゲート電極と前記表面電極の間に、層間絶縁膜が配置されており、

前記第1境界トレンチ及び前記第2境界トレンチのそれぞれの内部に絶縁層が配置されており、

前記第1IGBT領域及び前記第2IGBT領域の夫々に、前記表面電極と前記ゲート絶縁膜に接しているn型のエミッタ領域と、前記表面電極に接するとともに前記エミッタ領域の裏面側で前記ゲート絶縁膜に接しているp型のボディ領域が形成されており、

前記各ボディ領域が、前記表面におけるp型不純物濃度が $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上であるとともに前記表面電極に接しているボディコンタクト部を有しており、

前記ダイオード領域に、前記表面電極に接している p 型のアノード領域が形成されており、

前記アノード領域が、前記表面における p 型不純物濃度が $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上であるとともに前記表面電極に接しているアノードコンタクト部を有しており、

前記各ボディ領域及び前記アノード領域の裏面側の領域に、前記第 1 IGBT 領域、前記第 2 IGBT 領域及び前記ダイオード領域に跨って伸びる n 型領域が形成されており、

前記 n 型領域が、前記ダイオード領域内の少なくとも一部で前記裏面電極に接しており、

前記第 1 IGBT 領域内の前記 n 型領域の裏面側の領域の少なくとも一部、及び、前記第 2 IGBT 領域内の前記 n 型領域の裏面側の領域の少なくとも一部に、前記裏面電極に接する p 型のコレクタ領域が形成されており、

前記第 1 境界トレンチと前記第 2 境界トレンチの間の間隔が $200 \mu\text{m}$ 以上であり、

前記ダイオード領域内の前記表面に占める前記アノードコンタクト部の面積の比率が、前記第 1 IGBT 領域内の前記表面に占める前記ボディコンタクト部の面積の比率、及び、前記第 2 IGBT 領域内の前記表面に占める前記ボディコンタクト部の面積の比率の何れよりも低い、

半導体装置。

[請求項2]

前記ダイオード領域内の前記表面に、前記第 1 境界トレンチに沿って伸びる複数の第 3 トレンチが形成されており、

前記ダイオード領域内の前記複数の第 3 トレンチと、前記第 1 境界トレンチと、前記第 2 境界トレンチのいずれか 2 つに挟まれたダイオードセル領域の夫々に、前記アノードコンタクト部を含む前記アノード領域が形成されている、

請求項1の半導体装置。

[請求項3] 前記第1 IGBT領域内及び前記第2 IGBT領域内の夫々に、前記第1境界トレンチに沿って伸びる複数の第4トレンチが形成されており、

前記第4トレンチの夫々の内部に、前記ゲート絶縁膜と前記ゲート電極が形成されており、

前記複数の第4トレンチと、前記第1境界トレンチと、前記第2境界トレンチのいずれか2つに挟まれたIGBTセル領域の夫々に、前記エミッタ領域と、前記ボディコンタクト部を含む前記ボディ領域が形成されている、

請求項2の半導体装置。

[請求項4] 前記各ダイオードセル領域内において、前記ダイオードセル領域内の前記表面に占める前記アノードコンタクト部の面積の比率が、前記IGBTセル領域内の前記表面に占める前記ボディコンタクト部の面積の比率の何れよりも低い請求項3の半導体装置。

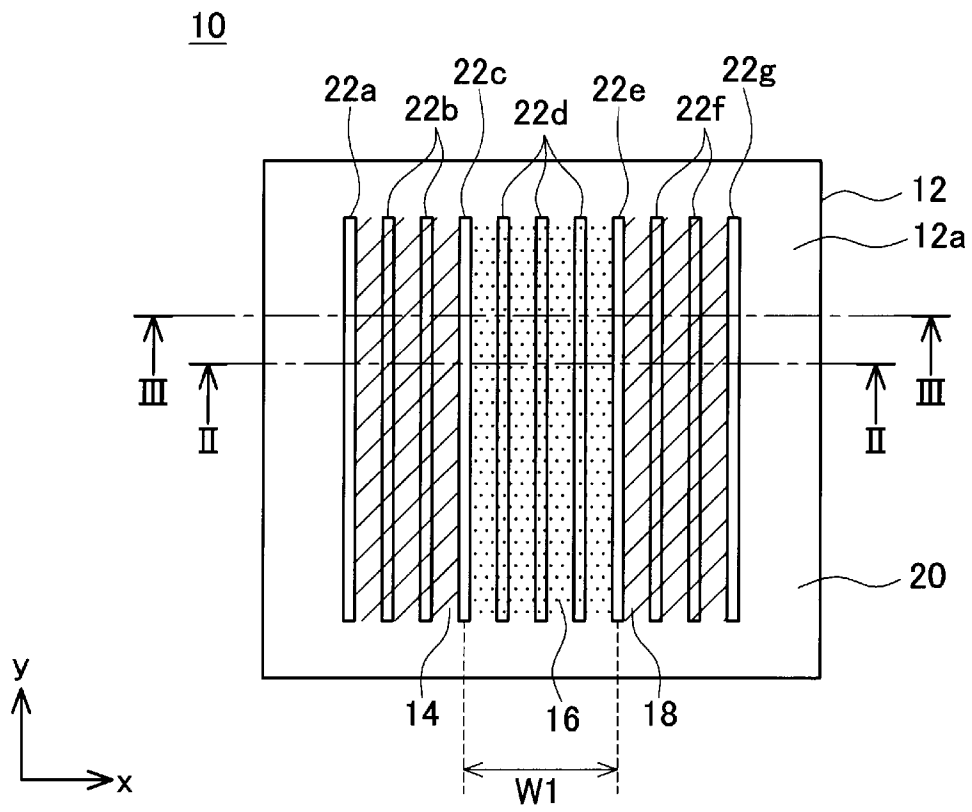
[請求項5] 前記各アノードコンタクト部が、前記第3トレンチに沿って伸びている請求項2～4のいずれか一項の半導体装置。

[請求項6] 前記各ダイオードセル領域が、互いから分離された複数の前記アノードコンタクト部を有しており、

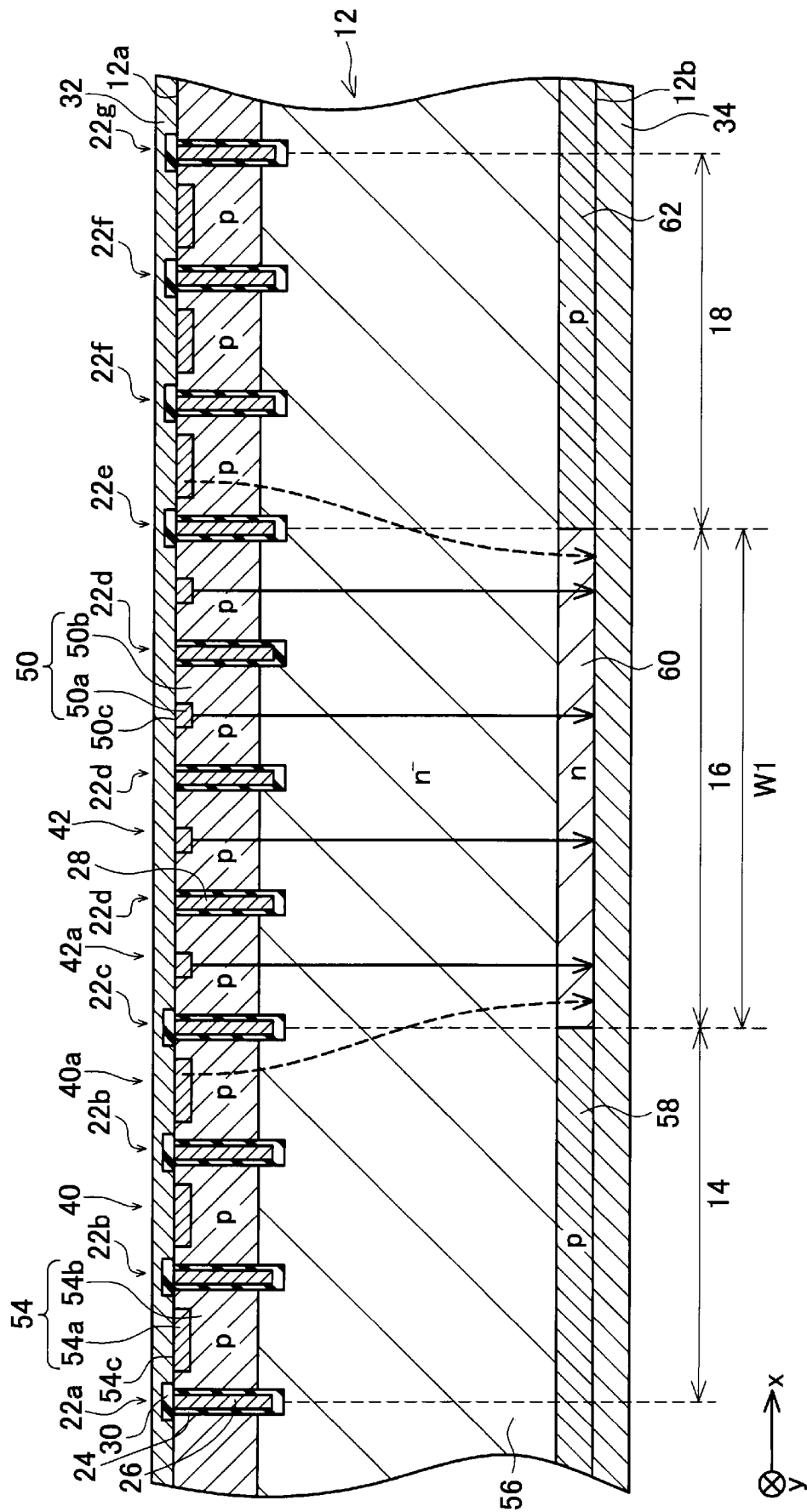
前記複数のアノードコンタクト部が、前記各ダイオードセル領域において、前記第3トレンチに沿って配列されている請求項2～4のいずれか一項の半導体装置。

[請求項7] 前記第1境界トレンチに隣接する前記ダイオードセル領域内の前記各アノードコンタクト部が、前記第1境界トレンチに隣接する前記IGBTセル領域内の前記エミッタ領域から見て前記第1境界トレンチの幅方向の位置に配置されている請求項6の半導体装置。

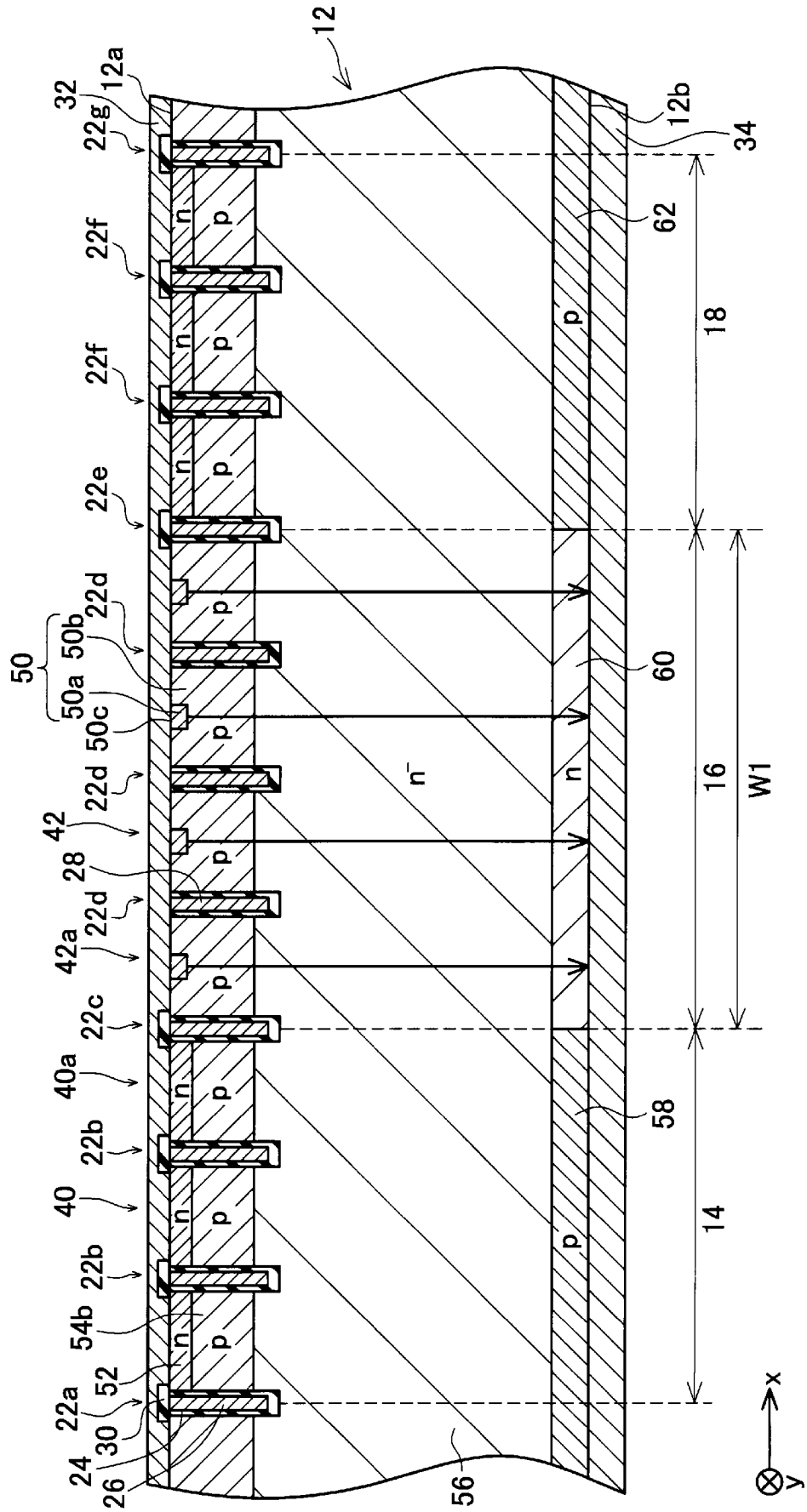
[図1]



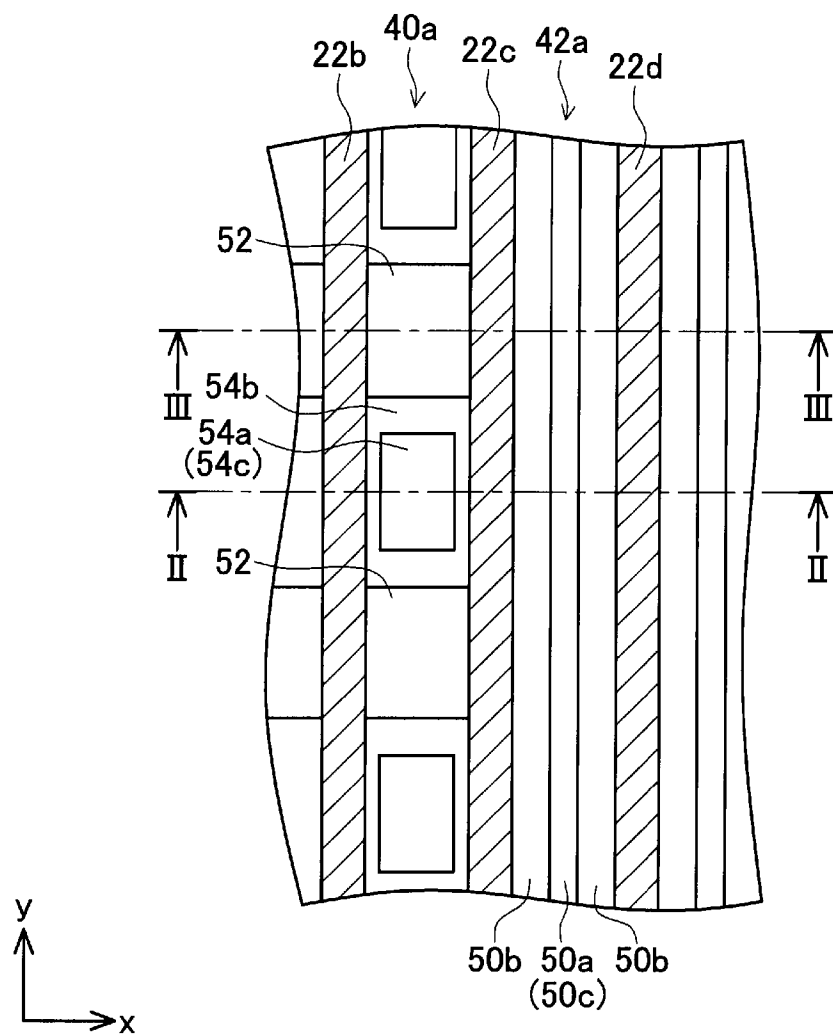
[図2]



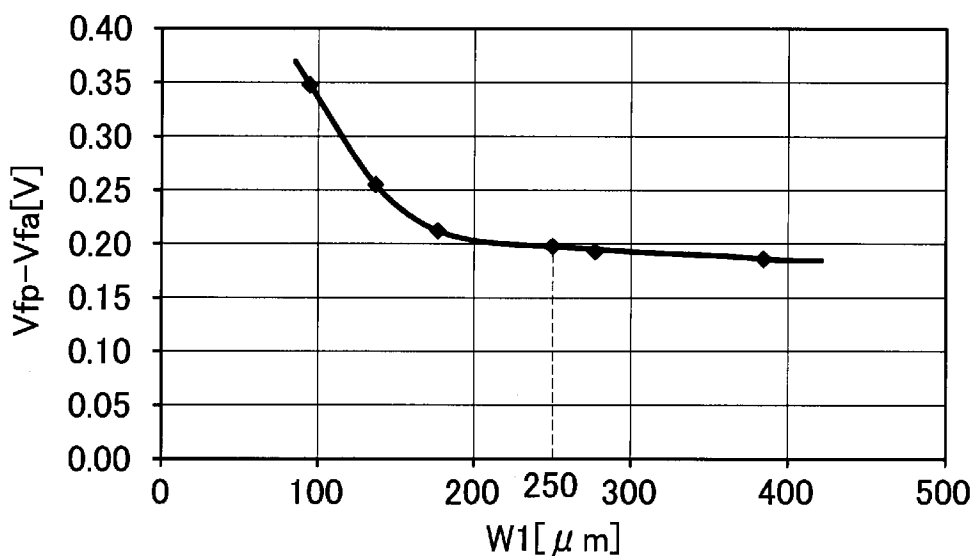
[図3]



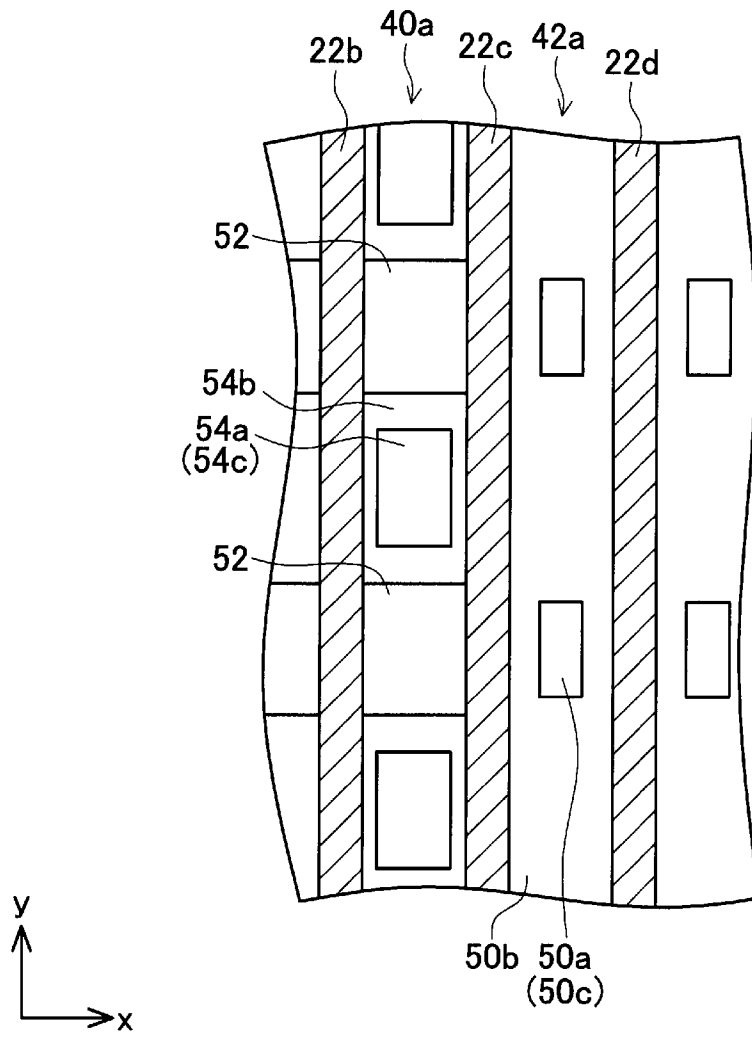
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/064221

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L29/78(2006.01)i, H01L27/04(2006.01)i, H01L29/739(2006.01)i, H01L29/861(2006.01)i, H01L29/868(2006.01)i

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, H01L27/04, H01L29/739, H01L29/861, H01L29/868

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2014/097454 A1 (Toyota Motor Corp.), 26 June 2014 (26.06.2014), paragraphs [0012] to [0024]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-7
Y	JP 2010-171385 A (Denso Corp.), 05 August 2010 (05.08.2010), paragraphs [0038] to [0081]; fig. 1 to 7 & US 2010/0156506 A1	1-7
Y	WO 2013/111568 A1 (Denso Corp.), 01 August 2013 (01.08.2013), paragraphs [0032] to [0039]; fig. 1 & US 2015/0008478 A1	1-7

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 08 July 2015 (08.07.15)	Date of mailing of the international search report 21 July 2015 (21.07.15)
--	---

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/064221

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2013/030943 A1 (Toyota Motor Corp.), 07 March 2013 (07.03.2013), paragraphs [0015] to [0026]; fig. 1 to 3 & US 2014/0217465 A1 & EP 2752875 A1	1-7
A	JP 2014-75582 A (Fuji Electric Co., Ltd.), 24 April 2014 (24.04.2014), paragraphs [0034] to [0066]; fig. 1 to 14 & US 2014/0070270 A1	1-7

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））</p> <p>Int.Cl. H01L29/78(2006.01)i, H01L27/04(2006.01)i, H01L29/739(2006.01)i, H01L29/861(2006.01)i, H01L29/868(2006.01)i</p>											
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））</p> <p>Int.Cl. H01L29/78, H01L27/04, H01L29/739, H01L29/861, H01L29/868</p>											
<p>最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの</p> <table style="width:100%; border: none;"> <tr> <td style="border: none;">日本国実用新案公報</td> <td style="border: none;">1922-1996年</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">日本国公開実用新案公報</td> <td style="border: none;">1971-2015年</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">日本国実用新案登録公報</td> <td style="border: none;">1996-2015年</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">日本国登録実用新案公報</td> <td style="border: none;">1994-2015年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2015年	日本国実用新案登録公報	1996-2015年	日本国登録実用新案公報	1994-2015年	
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2015年										
日本国実用新案登録公報	1996-2015年										
日本国登録実用新案公報	1994-2015年										
<p>国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）</p>											
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:15%;">引用文献の カテゴリー*</th> <th style="width:65%;">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 style="width:20%;">関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align:center;">Y</td> <td>WO 2014/097454 A1（トヨタ自動車株式会社）2014.06.26, 段落[0012]-[0024], [図1]-[図3]（ファミリーなし）</td> <td style="text-align:center;">1-7</td> </tr> <tr> <td style="text-align:center;">Y</td> <td>JP 2010-171385 A（株式会社デンソー）2010.08.05, 段落[0038]-[0081], [図1]-[図7] & US 2010/0156506 A1</td> <td style="text-align:center;">1-7</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	Y	WO 2014/097454 A1（トヨタ自動車株式会社）2014.06.26, 段落[0012]-[0024], [図1]-[図3]（ファミリーなし）	1-7	Y	JP 2010-171385 A（株式会社デンソー）2010.08.05, 段落[0038]-[0081], [図1]-[図7] & US 2010/0156506 A1	1-7
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	WO 2014/097454 A1（トヨタ自動車株式会社）2014.06.26, 段落[0012]-[0024], [図1]-[図3]（ファミリーなし）	1-7									
Y	JP 2010-171385 A（株式会社デンソー）2010.08.05, 段落[0038]-[0081], [図1]-[図7] & US 2010/0156506 A1	1-7									
<p><input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</p>											
<table style="width:100%; border: none;"> <tr> <td style="width:50%; border: none;"> <p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの</p> <p>「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</p> <p>「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）</p> <p>「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</p> </td> <td style="width:50%; border: none;"> <p>の日の後に公表された文献</p> <p>「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</p> <p>「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</p> <p>「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</p> <p>「&」同一パテントファミリー文献</p> </td> </tr> </table>			<p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの</p> <p>「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</p> <p>「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）</p> <p>「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</p>	<p>の日の後に公表された文献</p> <p>「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</p> <p>「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</p> <p>「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</p> <p>「&」同一パテントファミリー文献</p>							
<p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの</p> <p>「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</p> <p>「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）</p> <p>「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</p>	<p>の日の後に公表された文献</p> <p>「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</p> <p>「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</p> <p>「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</p> <p>「&」同一パテントファミリー文献</p>										
<p>国際調査を完了した日</p> <p style="text-align:center;">08.07.2015</p>	<p>国際調査報告の発送日</p> <p style="text-align:center;">21.07.2015</p>										
<p>国際調査機関の名称及びあて先</p> <p style="text-align:center;">日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号</p>	<p>特許庁審査官（権限のある職員）</p> <p style="text-align:center;">棚田 一也</p> <p>電話番号 03-3581-1101 内線 3516</p>	<table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">5 F</td> <td style="padding: 2px;">5 8 9 6</td> </tr> </table>	5 F	5 8 9 6							
5 F	5 8 9 6										

C (続き) . 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	WO 2013/111568 A1 (株式会社デンソー) 2013. 08. 01, 段落[0032]-[0039], [図 1] & US 2015/0008478 A1	1-7
A	WO 2013/030943 A1 (トヨタ自動車株式会社) 2013. 03. 07, 段落[0015]-[0026], [図 1]-[図 3] & US 2014/0217465 A1 & EP 2752875 A1	1-7
A	JP 2014-75582 A (富士電機株式会社) 2014. 04. 24, 段落[0034]-[0066], [図 1]-[図 14] & US 2014/0070270 A1	1-7