

(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
2017年8月31日(31.08.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/146148 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/336 (2006.01) H01L 29/78 (2006.01)
H01L 21/265 (2006.01) H01L 29/861 (2006.01)
H01L 21/322 (2006.01) H01L 29/868 (2006.01)
H01L 29/739 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/006830
- (22) 国際出願日: 2017年2月23日(23.02.2017)
- (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 2016-032401 2016年2月23日(23.02.2016) JP
- (71) 出願人: 富士電機株式会社(FUJI ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 田村 隆博(TAMURA Takahiro); 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP). 小野澤 勇一(ONOZAWA Yuichi); 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP). 高橋 美咲(TAKAHASHI Misaki); 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP).

- (74) 代理人: 龍華国際特許業務法人(RYUKA IP LAW FIRM); 〒1631522 東京都新宿区西新宿1-6-1 新宿エルタワー22階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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, 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).

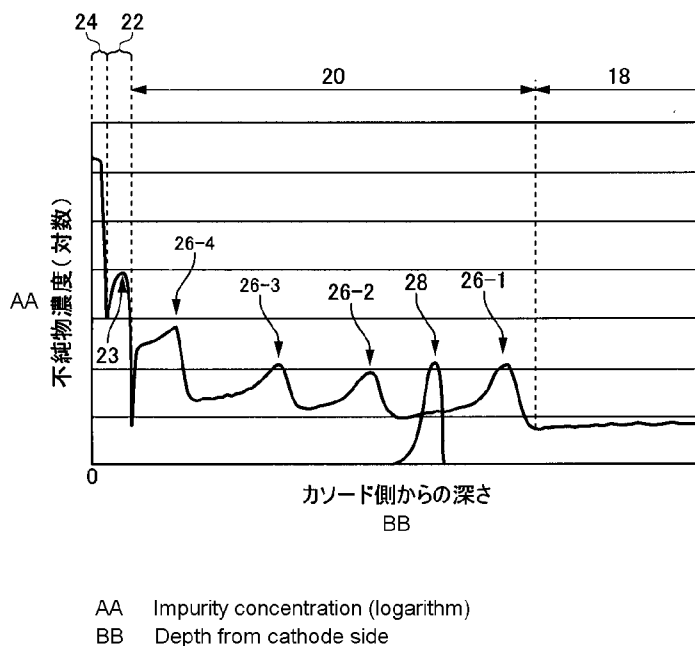
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

[続葉有]

(54) Title: SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称: 半導体装置



(57) Abstract: Provided is a semiconductor device comprising: a first region that is formed on the front surface side of a semiconductor substrate; a drift region that is formed closer to the back surface side of the semiconductor substrate than the first region; a buffer region that is formed closer to the back surface side of the semiconductor substrate than the drift region, and includes at least one peak of impurity concentration that is higher than the impurity concentration of the drift region; and a lifetime killer that is disposed on the back surface side of the semiconductor substrate and shortens carrier lifetime. The peak concentration of the lifetime killer is disposed between a peak that is furthest on the front surface side of the semiconductor substrate from among the impurity concentration peaks in the buffer region, and the back surface of the semiconductor substrate.

(57) 要約: 半導体基板のおもて面側に形成された第1領域と、第1領域よりも半導体基板のうら面側に形成されたドリフト領域と、ドリフト領域よりも半導体基板のうら面側に形成され、ドリフト領域の不純物濃度よりも高い不純物濃度のピークを1以上含むバッファ領域と、半導体基板のうら面側に配置され、キャリアライフタイムを短くするライフタイムキラーとを備え、ライフタイムキラーの濃度のピークが、バッファ領域における不純物濃度のピークのうち最も半導体基板のおもて面側のピークと、半導体基板のうら面との間に配置された半導体装置を提供する。

くするライフタイムキラーとを備え、ライフタイムキラーの濃度のピークが、バッファ領域における不純物濃度のピークのうち最も半導体基板のおもて面側のピークと、半導体基板のうら面との間に配置された半導体装置を提供する。

WO 2017/146148 A1



— 補正された請求の範囲（条約第 19 条(1)）

明 細 書

発明の名称：半導体装置

技術分野

[0001] 本発明は、半導体装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、パワー半導体素子において、フィールドストップ層を設ける構造が知られている（例えば、特許文献1参照）。フィールドストップ層には、プロトン等のn型不純物が注入される。

特許文献1 米国特許第7842590号明細書

解決しようとする課題

[0003] 半導体基板にプロトン等のn型不純物を注入して熱処理すると、半導体基板中の欠陥等をプロトン等の不純物が終端して、キャリアライフタイムが回復する。しかし、半導体基板のうら面側におけるキャリアライフタイムが長くなりすぎると、逆回復動作時のテール電流が大きくなり、逆回復損失が増大してしまう。

一般的開示

[0004] 本発明の一つの態様においては、半導体基板を備える半導体装置を提供する。半導体基板のおもて面側には、第1導電型の第1領域が形成されてよい。半導体基板には、第1領域よりも半導体基板のうら面側に第2導電型のドリフト領域が形成されてよい。半導体基板には、ドリフト領域よりも半導体基板のうら面側に形成された第2導電型のバッファ領域が形成されてよい。バッファ領域は、ドリフト領域の不純物濃度よりも高い不純物濃度のピークを1以上含んでよい。半導体基板には、半導体基板のうら面側に配置され、キャリアライフタイムを短くするライフタイムキラーが形成されてよい。ライフタイムキラーの濃度のピークが、バッファ領域における不純物濃度のピークのうち最も半導体基板のおもて面側のピークと、半導体基板のうら面との間に配置されてよい。

- [0005] 半導体基板には、バッファ領域における不純物濃度のピークのうち最も半導体基板のうら面側のピークと、半導体基板のうら面との間に形成された第1導電型の第2領域が更に形成されてよい。ライフタイムキラの濃度のピークが、第2領域における不純物濃度のピークよりも半導体基板のおもて面側に配置されてよい。
- [0006] バッファ領域における不純物濃度分布は複数のピークを有してよい。ライフタイムキラの濃度のピークが、バッファ領域における不純物濃度のピークのうち最も半導体基板のうら面側のピークよりも、半導体基板のうら面側に配置されてよい。
- [0007] ライフタイムキラの濃度のピークと第2領域における不純物濃度のピークとの距離が、ライフタイムキラの濃度のピークとバッファ領域における不純物濃度のピークのうち最も半導体基板のうら面側のピークとの距離よりも大きくてよい。
- [0008] ライフタイムキラの濃度のピークが、バッファ領域における不純物濃度のいずれか2つのピークの間に配置されてよい。
- [0009] ライフタイムキラの濃度のピークが、バッファ領域における不純物濃度のピークのいずれにも重ならない位置に配置されてよい。
- [0010] ライフタイムキラの濃度のピークは、バッファ領域における不純物濃度のピークのうち最も半導体基板のうら面側のピークよりも高濃度であってよい。ライフタイムキラの濃度のピークは、第2領域における濃度のピークよりも低濃度であってよい。
- [0011] バッファ領域にはプロトンが注入されてよい。ライフタイムキラはヘリウムであってよい。
- [0012] 半導体基板の深さ方向における、前記ライフタイムキラの濃度分布の半値全幅が、 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以上であってよい。バッファ領域は、ライフタイムキラの濃度のピークを挟む不純物濃度の2つのピークを有し、ライフタイムキラの濃度分布の半値全幅が、当該2つのピークの間隔の70%以上であってよい。

[0013] 半導体基板は、トランジスタが形成されるトランジスタ部と、ダイオードが形成されるダイオード部とを有してよい。記第2領域は、ダイオード部において離散的に設けられてよい。半導体基板のうら面と平行な面において、トランジスタ部およびダイオード部の境界と、第2領域との距離Dが、第2領域どうしの間隔より大きくてよい。

[0014] 距離Dが、半導体基板の厚みよりも大きくてよい。距離Dが、第2領域の幅より大きくてよい。

[0015] なお、上記の発明の概要は、本発明の特徴の全てを列挙したものではない。また、これらの特徴群のサブコンビネーションもまた、発明となりうる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]一つの実施形態に係る半導体装置100の断面を示す図である。

[図2]カソード領域24、中間領域22、FS領域20およびドリフト領域18における不純物濃度分布の一例を示す図である。

[図3]中間領域22および第4のピーク26-4近傍の不純物濃度分布を拡大した図である。

[図4]ライフタイムキラー28の濃度のピークと、FS領域20におけるピーク26との位置関係を示す図である。

[図5]半導体装置100の漏れ電流の測定結果を示す図である。

[図6]半導体装置100の逆回復動作時における逆方向電圧 V_r および逆方向電流 I_r の時間波形を示す図である。

[図7]半導体装置100の製造工程の一例を示す図である。

[図8]半導体装置100の他の構造例を示す断面図である。

[図9]他の実施形態に係る半導体装置200の断面を示す図である。

[図10]他の実施形態に係る半導体装置300の断面を示す図である。

[図11]半導体装置300の断面の他の例を示す図である。

[図12]図11に示した半導体装置300のうら面と平行な面における、中間領域22の配置例を示す図である。

[図13]ライフタイムキラー28の深さ方向における濃度分布の他の例を示す

図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、発明の実施の形態を通じて本発明を説明するが、以下の実施形態は請求の範囲にかかる発明を限定するものではない。また、実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。

[0018] 図1は、一つの実施形態に係る半導体装置100の断面を示す図である。半導体装置100は、半導体基板10のおもて面およびうら面に電極が形成され、半導体基板10の深さ方向に電流が流れる縦型の半導体装置である。なお、本明細書において単におもて面およびうら面と記載した場合、半導体基板10のおもて面およびうら面を指す。図1では、半導体装置100の一例としてダイオードを示している。当該ダイオードは、IGBT等のスイッチング素子と並列に設けられるフリーホイールダイオード(FWD)として機能してよい。

[0019] 半導体装置100は、半導体基板10、アノード電極12およびカソード電極14を備える。アノード電極12は、半導体基板10のおもて面に接して設けられる。カソード電極14は、半導体基板10のうら面に接して設けられる。アノード電極12およびカソード電極14は、例えばアルミニウムを含む金属材料で形成される。

[0020] 半導体基板10は、シリコンまたは化合物半導体等の半導体材料で形成される。半導体基板10には所定の濃度の不純物がドーピングされる。本明細書における不純物とは、特に断りがなければ、半導体材料にドーピングされてn型またはp型の伝導型を示すドーパントのことである。本例の半導体基板10は、n型の伝導型を有する。n型は、第2伝導型の一例である。また、p型は、第1伝導型の一例である。ただし、第1伝導型および第2伝導型は、それぞれ逆の伝導型であってもよい。

[0021] 半導体基板10は、アノード領域16、ドリフト領域18、バッファ領域(FS領域20)、中間領域22およびカソード領域24を有する。アノー

ド領域 16 は第 1 領域の一例であり、中間領域 22 は第 2 領域の一例である。バッファ領域は、空乏層の広がり抑制するフィールドストップ層として機能してよい。

[0022] ドリフト領域 18 は、半導体基板 10 と同一の伝導型を有する。本例では、半導体基板 10 のうち、アノード領域 16、FS 領域 20、中間領域 22 およびカソード領域 24 が形成されない領域が、ドリフト領域 18 として機能する。

[0023] アノード領域 16 は、ドリフト領域 18 のおもて面側に形成され、アノード電極 12 と電氣的に接続する。アノード領域 16 には、ドリフト領域 18 とは異なる伝導型の不純物がドーピングされる。本例においてアノード領域 16 は p 型である。

[0024] FS 領域 20 は、ドリフト領域 18 のうら面側に形成される。FS 領域 20 は、ドリフト領域 18 と同一の伝導型を有し、且つ、ドリフト領域 18 よりも高濃度に不純物が注入される。本例において FS 領域 20 は n 型である。また、FS 領域 20 に注入されている不純物を第 1 不純物と称する。第 1 不純物は、例えば水素またはリンである。

[0025] 水素は、半導体材料において空孔 (V) および酸素 (O) とクラスター状に結合して複合欠陥 (VOH 欠陥) を構成する。この VOH 欠陥がドナーとなるので、VOH 欠陥は n 型のドーパント (不純物) となる。水素は、プロトンやデュトロニオンといった水素イオンの注入により、半導体材料に導入されてよい。酸素は、半導体材料の製造時に含まれているか、半導体装置を製造する途中で半導体領域中に意図的に導入されてよい。半導体材料は、フローティングゾーン法 (FZ 法)、チョクラルスキー法 (CZ 法)、磁場印加型チョクラルスキー法 (MCZ 法) 等で製造されてよい。例えば CZ 法、MCZ 法であれば、半導体材料中の酸素の濃度が $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 以上、 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以下となるので、VOH 欠陥によるドーパントが好適に形成できる。

[0026] 空孔は、半導体材料製造時に含まれているか、半導体装置を製造する途中で半導体領域中に意図的に導入されてよい。高濃度の FS 領域 20 を設ける

ことで、アノード領域 16 の界面から延びる空乏層が、中間領域 22 またはカソード領域 24 まで到達することを防ぐことができる。空孔は、例えばプロトン、電子線、ヘリウム等のイオン注入で導入されてよい。

[0027] 半導体基板 10 の深さ方向での第 1 不純物の濃度分布は、FS 領域 20 において 1 以上のピーク 26 を有する。図 1 に例示する半導体装置 100 は、第 1 のピーク 26-1、第 2 のピーク 26-2、第 3 のピーク 26-3 および第 4 のピーク 26-4 を有する。それぞれのピーク 26 における不純物濃度は、ドリフト領域 18 における不純物濃度よりも高い。

[0028] 中間領域 22 は、FS 領域 20 のうら面側に形成される。本例の中間領域 22 は、半導体基板 10 のうら面と平行な面において局所的に形成される。中間領域 22 は、アノード領域 16 と同一の伝導型を有する。本例において中間領域 22 は p 型である。また、中間領域 22 に注入されている不純物を第 2 不純物と称する。第 2 不純物は、例えばボロンである。FS 領域 20 のうら面側において中間領域 22 が形成されていない領域は、ドリフト領域 18 と同一の導電型である。当該領域の不純物濃度は、FS 領域 20 のうら面側の端部における不純物濃度とほぼ同一であってよい。

[0029] カソード領域 24 は、中間領域 22 のうら面側に形成される。カソード領域 24 は、FS 領域 20 と同一の伝導型を有する。本例のカソード領域 24 における不純物濃度は、FS 領域 20 および中間領域 22 のそれぞれの不純物濃度よりも高い。本例においてカソード領域 24 は n+ 型である。また、カソード領域 24 に注入されている不純物を第 3 不純物と称する。第 3 不純物は、例えばリンである。カソード領域 24 は、カソード電極 14 と電氣的に接続される。

[0030] 定格電流の 1/10 程度の小さい電流でダイオードを逆回復させると、カソード側のキャリアが枯渇し、電流または電圧波形が激しく発振する現象が知られている。本例の半導体装置 100 は、逆回復時にアノード側から空乏層が広がり、カソード側のキャリアが枯渇しそうになると、中間領域 22 およびカソード領域 24 との間の pn 接合に高電界が印加され、当該接合がア

バランス降伏する。これにより、カソード側からドリフト領域 18 に正孔が注入され、カソード側のドリフト領域 18 のキャリア密度を高くすることができる。その結果、キャリアの枯渇による電圧・電流の振動を抑制することができる。

[0031] また、FS領域 20 にプロトン等の不純物を注入した後に、半導体基板 10 を熱処理すると、プロトン等の不純物が拡散して欠陥を終端する。これにより、プロトン等の不純物が拡散した領域のライフタイムが回復する。これにより、半導体装置 100 の逆回復動作をソフトリカバリ化することができる。

[0032] 一方で、カソード側のキャリアライフタイムが長くなりすぎると、逆回復動作時のテール電流が大きくなる。テール電流が大きくなると、逆回復損失が増大してしまう。これに対して本例の半導体装置 100 は、半導体基板 10 のうら面側に配置され、キャリアライフタイムを短くするライフタイムキラー 28 を有する。ライフタイムキラー 28 は、例えばヘリウムである。

[0033] ライフタイムキラー 28 の深さ方向における濃度分布のピークは、FS領域 20 におけるピーク 26 のうち最もおもて面側の第 1 のピーク 26-1 と、半導体基板 10 のうら面（本例ではカソード電極 14 と接触する面）との間に配置される。このような構成により、テール電流に寄与する領域のキャリアライフタイムを短くして、テール電流を小さくすることができる。

[0034] 図 2 は、カソード領域 24、中間領域 22、FS領域 20 およびドリフト領域 18 における不純物濃度分布の一例を示す図である。また、図 2 においてはライフタイムキラー 28 の濃度分布を合わせて示している。なお、カソード領域 24、中間領域 22、FS領域 20 およびドリフト領域 18 における不純物濃度分布は、ライフタイムキラー 28 以外の各不純物の濃度を総合した正味の不純物濃度（ネットドーピング濃度）を示している。上述したように、ライフタイムキラー 28 の不純物濃度のピークは、FS領域 20 における不純物濃度のピーク 26 のうち、最もおもて面側（すなわち、最もドリフト領域 18 側）の第 1 のピーク 26-1 と、半導体基板 10 のうら面との

間に配置される。最もおもて面側の第1のピーク26-1のピーク濃度は、うら面に向かって隣の第2のピーク26-2のピーク濃度より高くてもよい。

[0035] なお、半導体基板10が中間領域22を有する場合、ライフタイムキラ-28の不純物濃度のピークは、中間領域22における不純物濃度のピーク23よりも、半導体基板10のおもて面側に配置される。これにより、ライフタイムキラ-28を注入したことによる、中間領域22におけるキャリア消失を抑制することができる。

[0036] また、FS領域20においてピーク26が複数存在する場合、ライフタイムキラ-28の不純物濃度のピークは、複数のピーク26のうちいずれか2つのピーク26の間に配置されてよい。ライフタイムキラ-28の不純物濃度のピークは、最もおもて面側の第1のピーク26-1と、隣接する第2のピーク26-2との間に配置されてよく、最もうら面側の第4のピーク26-4と、隣接する第3のピーク26-3との間に配置されてよく、最もおもて面側または最もうら面側以外に配置された2つのピーク26の間に配置されてもよい。

[0037] また、ライフタイムキラ-28の不純物濃度のピークは、FS領域20における不純物濃度のピーク26のうち、最もうら面側の第4のピーク26-4よりもうら面側に配置されてもよい。ライフタイムキラ-28の不純物濃度のピークを、第4のピーク26-4よりもうら面側に配置することで、アノード側から広がる空乏層が到達しない領域にライフタイムキラ-28のピークを配置できる。従って、ライフタイムキラ-28を注入したことによる漏れ電流の増大も抑制することができる。

[0038] 図3は、中間領域22および第4のピーク26-4近傍の不純物濃度分布を拡大した図である。本例では、中間領域22における不純物濃度のピーク23と、第4のピーク26-4との間にライフタイムキラ-28の濃度のピークが配置されている。本例では、中間領域22における不純物濃度のピークの深さ位置をP1、第4のピーク26-4の深さ位置をP2、ライフタイムキラ-28の濃度ピークの深さ位置をP3とする。それぞれのピークの位

置は、濃度が極大値を示す位置である。

- [0039] ライフタイムキラー２８の濃度のピークと、中間領域２２における不純物濃度のピーク２３との距離（ $P3 - P1$ ）は、ライフタイムキラー２８の濃度のピークと、ＦＳ領域２０における最もうら面側の第４のピーク２６－４との距離（ $P2 - P3$ ）よりも大きいことが好ましい。つまり、ライフタイムキラー２８の濃度ピークは、ピーク２３と第４のピーク２６－４との間において、第４のピーク２６－４に近い側に配置されることが好ましい。
- [0040] これにより、ライフタイムキラー２８を注入したことによる、中間領域２２におけるキャリア消失を抑制することができる。距離（ $P3 - P1$ ）は、距離（ $P2 - P3$ ）の２倍以上であってよく、３倍以上であってもよい。
- [0041] また、ライフタイムキラー２８の濃度のピーク値 $D3$ は、中間領域２２における濃度のピーク値 $D1$ よりも低濃度であってよい。これにより、ライフタイムキラー２８を注入することで中間領域２２におけるキャリアが部分的に消失した場合であっても、中間領域２２の発振抑制機能を発揮させることができる。ライフタイムキラー２８の濃度のピーク値 $D3$ は、ピーク値 $D1$ の８０％以下であってよく、５０％以下であってもよい。
- [0042] また、ライフタイムキラー２８の濃度のピーク値 $D3$ は、ＦＳ領域２０における不純物濃度のピーク２６のうち、最もうら面側の第４のピーク２６－４のピーク値 $D2$ よりも高濃度であってよい。これにより、プロトン等によりキャリアライフタイムが回復しても、逆回復動作時におけるうら面側の余剰キャリアを十分に減少させることができる。ライフタイムキラー２８の濃度のピーク値 $D3$ は、ピーク値 $D2$ の２倍以上であってよく、５倍以上であってよく、１０倍以上であってもよい。
- [0043] 図４は、ライフタイムキラー２８の濃度のピークと、ＦＳ領域２０におけるピーク２６との位置関係を示す図である。ライフタイムキラー２８の濃度のピークは、ＦＳ領域２０における不純物濃度のピーク２６のいずれにも重ならない位置に配置されることが好ましい。これにより、ライフタイムキラー２８により生じた欠陥が、ＦＳ領域２０に注入されたプロトン等により過

剰に回復してしまうことを抑制できる。

[0044] なお、濃度のピークが重ならないとは、ピーク間の距離 X が所定値以上であることを指す。一例として、距離 X は、ライフタイムキラ－２８の濃度分布の半値半幅 $Y/2$ 以上であってよく、半値全幅 Y 以上であってよく、半値全幅 Y の２倍以上であってもよい。

[0045] 同様に、ライフタイムキラ－２８の濃度のピークは、中間領域２２の不純物濃度のピーク２３と重ならないことが好ましい。これにより、ライフタイムキラ－２８により、中間領域２２におけるキャリアが消失してしまうことを抑制できる。

[0046] また、ライフタイムキラ－２８は、深さ方向における複数の位置に注入されてもよい。一例として、中間領域２２のピーク２３と、ＦＳ領域２０における第４のピーク２６－４との間、および、ＦＳ領域２０におけるいずれか２つのピーク２６の間のそれぞれにライフタイムキラ－２８の濃度ピークが形成されてよい。ライフタイムキラ－２８の複数の濃度ピークの値は、カソード側からの距離が大きいほど小さくなってよい。

[0047] 図５は、半導体装置１００の漏れ電流の測定結果を示す図である。本例の半導体装置１００は、図３に示すように、中間領域２２のピーク２３と、ＦＳ領域２０の最もカソードよりの第４のピーク２６－４との間にライフタイムキラ－２８が注入されている。図５において横軸は逆バイアス電圧 V_r を示し、縦軸は漏れ電流 I_r を示す。

[0048] また、図５においては、ライフタイムキラ－２８を注入した例を実線で、ライフタイムキラ－２８を注入していない例を点線で示している。図５に示すように、ライフタイムキラ－２８を注入しても、漏れ電流が増大していない。

[0049] 図６は、半導体装置１００の逆回復動作時における逆方向電圧 V_r および逆方向電流 I_r の時間波形を示す図である。図５においては、ライフタイムキラ－２８を注入した例を実線で、ライフタイムキラ－２８を注入していない例を点線で示している。

[0050] 図6に示すように、ライフタイムキラー28を注入することで、逆方向電流 I_r におけるテール電流が減少していることがわかる。これにより、逆回復動作時の損失を低減することができる。また、逆回復動作時に電圧・電流の大きな振動も発生していない。

[0051] 図7は、半導体装置100の製造工程の一例を示す図である。まず、おもて構造形成段階S700において、半導体装置100のおもて面側の構造を形成する。図1に示した例では、アノード電極12およびアノード領域16を形成する。また、S700においては、おもて面側の構造を形成した後、半導体基板10のうら面側を研削して、半導体基板10の厚みを、所定の耐圧に応じて調整する。

[0052] 次に、カソード領域形成段階S702において、半導体基板10のうら面側から不純物を注入してカソード領域24を形成する。一例として、S702における不純物はリン、ドーズ量は $1 \times 10^{15} / \text{cm}^2$ 、加速電圧は40 keVである。

[0053] 次に、中間領域形成段階S704において、半導体基板10のうら面側から不純物を局所的に注入して中間領域22を形成する。一例として、S704における不純物はボロン、ドーズ量は $1 \times 10^{13} / \text{cm}^2$ 、加速電圧は240 keVである。ボロンのドーズ量は、 $3 \times 10^{12} / \text{cm}^2$ 以上、 $3 \times 10^{13} / \text{cm}^2$ 以下であってよい。次に、レーザーアニール段階S706において、半導体基板10のうら面側から不純物を注入した領域をアニールする。

[0054] 次に、プロトン注入段階S708において、半導体基板10のうら面側からプロトンを注入してFS領域20を形成する。図2に示すように、FS領域20に4つのピーク26を形成する場合、加速電圧を異ならせてプロトンを4回注入する。

[0055] 一例として、第4のピーク26-4に対応するプロトンのドーズ量は $3.0 \times 10^{14} / \text{cm}^2$ 、加速電圧は400 keV、第3のピーク26-3に対応するプロトンのドーズ量は $1.0 \times 10^{13} / \text{cm}^2$ 、加速電圧は820 keV、第2のピーク26-2に対応するプロトンのドーズ量は $7.0 \times 10^{12} /$

cm^2 、加速電圧は 1100keV 、第1のピーク26-1に対応するプロトンのドーズ量は $1.0 \times 10^{13} / \text{cm}^2$ 、加速電圧は 1450keV である。

[0056] 次に、第1炉アニール段階S710で、半導体基板10を窒素雰囲気等のアニール炉でアニールする。一例としてアニール温度は 370°C 、アニール時間は5時間である。次に、ヘリウム注入段階S712で、半導体基板10のうら面側からヘリウムを注入してライフタイムキラ-28を形成する。一例として、S712では He^{2+} を、ドーズ量 $2 \times 10^{12} / \text{cm}^2$ 、加速エネルギー 700keV で注入する。

[0057] 次に、電子線照射段階S714で、半導体基板10のうら面側から電子線を照射する。一例として電子線照射量は 160kGy である。次に、第2炉アニール段階S716で、半導体基板10を窒素雰囲気等のアニール炉でアニールする。一例としてアニール温度は 360°C 、アニール時間は1時間である。

[0058] 次に、うら面電極形成段階S718で、カソード電極14を形成する。カソード電極14は、スパッタ法により形成してよい。また、カソード電極14は、アルミニウム層、チタン層、ニッケル層等が積層された積層電極であってよい。このような工程で、半導体装置100を製造することができる。

[0059] 図8は、半導体装置100の他の構造例を示す断面図である。本例における半導体装置100は、図1に示した半導体装置100に比べて、中間領域22の位置が異なる。他の構造は、図1に示した半導体装置100と同一であってよい。

[0060] 本例における中間領域22は、カソード領域24と同一の深さ位置に形成される。この場合、ライフタイムキラ-28は、FS領域20のいずれかのピーク26と、中間領域22の濃度ピークとの間に加えて、FS領域20のいずれかのピーク26と、カソード領域24の濃度ピークとの間にも形成される。

[0061] 中間領域22の上方に形成されるライフタイムキラ-28と、カソード領域24の上方に形成されるライフタイムキラ-28の深さ方向における位置

は同一であってよい。このような構成によっても、逆回復動作時におけるテール電流を低減し、且つ、漏れ電流の増大を抑制できる。

[0062] 図9は、他の実施形態に係る半導体装置200の断面を示す図である。半導体装置200は、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) である。半導体装置200は、半導体基板10、エミッタ電極112およびコレクタ電極130を備える。

[0063] エミッタ電極112は、半導体基板10のおもて面に接して設けられる。コレクタ電極130は、半導体基板10のうら面に接して設けられる。エミッタ電極112およびコレクタ電極130は、例えばアルミニウムを含む金属材料で形成される。

[0064] 半導体基板10のおもて面側には、ゲート構造120が形成される。本例におけるゲート構造120はトレンチ型であるが、ゲート構造120はプレーナ型であってもよい。ゲート構造120はゲート絶縁膜122およびゲート電極124を有する。

[0065] ゲート絶縁膜122は、ゲート電極124の周囲を覆って形成される。本例のゲート絶縁膜122は、半導体基板10のおもて面に形成されたゲートトレンチの内壁を覆って形成される。ゲート電極124は、チャンネルが形成されるベース領域118と対向する位置に形成される。本例のゲート電極124は、ゲートトレンチの内部においてゲート絶縁膜122に覆われて形成されたポリシリコンである。本例のゲート電極124は、半導体基板10の深さ方向に沿ってベース領域118と対向する。

[0066] 半導体基板10のおもて面には、ゲート構造120を覆う層間絶縁膜114が形成される。これにより、エミッタ電極112とゲート構造120が絶縁される。

[0067] 半導体基板10のおもて面側には、n+型のエミッタ領域116およびp型のベース領域118が形成される。ベース領域118は、第1領域の一例である。本例のゲート構造120は、ベース領域118を貫通して形成される。エミッタ領域116は、ゲート構造120に隣接する領域に形成される

。エミッタ領域 116 およびベース領域 118 は、半導体基板 10 のおもて面においてエミッタ電極 112 と接触する。

[0068] ベース領域 118 のうら面側には n 型のドリフト領域 126 が形成される。ドリフト領域 126 のうら面側には FS 領域 20 が形成される。FS 領域 20 のうら面側には、 p + 型のコレクタ領域 128 が形成される。コレクタ領域 128 は、第 2 領域の一例である。

[0069] 本例においても、ライフタイムキラー 28 の濃度ピークは、FS 領域 20 における不純物濃度のピーク 26 のうち最も半導体基板 10 のおもて面側の第 1 のピーク 26-1 と、半導体基板 10 のうら面との間に配置される。ライフタイムキラー 28 の濃度ピークは、FS 領域 20 における不純物濃度のピーク 26 のうち最も半導体基板 10 のうら面側の第 4 のピーク 26-4 と、コレクタ領域 128 の濃度ピークとの間に配置されることが好ましい。

[0070] 図 10 は、他の実施形態に係る半導体装置 300 の断面を示す図である。半導体装置 300 は、IGBT および逆回復用のダイオードが同一の基板に形成された逆導通 IGBT (RC-IGBT) である。半導体装置 300 は、半導体基板 10、エミッタ電極 112 およびコレクタ電極 130 を備える。

[0071] 本例の半導体基板 10 のうら面側には、IGBT として機能する領域であるトランジスタ部 70 に p + 型のコレクタ領域 128 が形成され、ダイオードとして機能する領域であるダイオード部 80 に n + 型のカソード領域 24 が形成されている。なお、トランジスタ部 70 のメサ部 150 (トレンチ部に挟まれた半導体基板の領域) のうち、カソード領域 24 のコレクタ領域 128 に接する位置をおもて面に投影した位置にあるか、あるいは最も近い位置にあるトレンチ部 120 に隣り合うメサ部 150 では、ベース領域 118 のおもて面には、エミッタ領域 116 が無くてもよく、 p + 型のコンタクト領域 115 が形成されてよい。

[0072] トランジスタ部 70 の構造は、図 9 に示した半導体装置 200 と同様である。ただし本例では、トランジスタ部 70 に複数のゲート構造 120 が形成

されている。複数のゲート構造 120 のうち少なくとも一つは、ゲート電極 124 がゲート端子に電氣的に接続される。また、複数のゲート構造 120 のうち少なくとも一つは、ゲート電極 124 がエミッタ電極 112 に電氣的に接続され、ダミートレンチとして機能してもよい。ダミートレンチを設けることで、電荷注入促進効果（IE 効果）を生じさせることができる。

[0073] ダイオードとして機能する領域の構造は、図 1 または図 8 に示した半導体装置 100 と同様である。なお、図 10 に示すベース領域 118 が、ダイオードのアノード領域として機能する。

[0074] また、図 10 においては中間領域 22 を省略している。図 10 に示すソース領域 24 の上方には、図 1 に示した半導体装置 100 と同様に、中間領域 22 が局所的に形成されてもよい。また、図 10 に示す半導体基板 10 においては、ダイオード部 80 のおもて面側に、1 以上のダミートレンチ構造 140 を有する。ダミートレンチ構造 140 は、ゲート構造 120 と同様の構造を有する。ただし、ダミートレンチ構造 140 におけるゲート電極は、エミッタ電極 112 に電氣的に接続される。

[0075] ダイオードとして機能する領域におけるライフタイムキラー 28 の濃度ピークは、図 1 または図 8 に示した半導体装置 100 と同様の位置に設けられる。また、トランジスタ部 70 におけるライフタイムキラー 28 の濃度ピークは、図 9 に示した半導体装置 200 と同様の位置に設けられる。なお、トランジスタ部 70 と、ダイオード部 80 とで、同一の深さ位置にライフタイムキラー 28 が形成されてよい。

[0076] 図 11 は、半導体装置 300 の断面の他の例を示す図である。本例の半導体装置 300 は、中間領域 22 を有する。中間領域 22 以外の構造は、図 10 に示した半導体装置 300 と同一であってよい。

[0077] 本例では、半導体基板 10 のうち、IGBT 等のトランジスタとして機能する領域をトランジスタ部 70、FWD 等のダイオードとして機能する領域をダイオード部 80 とする。トランジスタ部 70 のおもて面にはエミッタ領域 116 が形成され、うら面にはコレクタ領域 128 が形成される。ダイオ

ード部 80 のおもて面にはエミッタ領域 116 が形成されておらず、ベース領域 118 が形成され、うら面にはカソード領域 24 が形成されている。コレクタ領域 128 とカソード領域 24 との境界を、トランジスタ部 70 とダイオード部 80 との境界とする。

[0078] なお、トランジスタ部 70 のメサ部 150（トレンチ部に挟まれた半導体基板の領域）のうち、カソード領域 24 のコレクタ領域 128 に接する位置をおもて面に投影した位置にあるか、あるいは投影した位置に最も近い位置にあるトレンチ部 120 に隣り合うメサ部 150 では、ベース領域 118 のおもて面には、エミッタ領域 116 が無くてもよく、P+型のコンタクト領域 115 が形成されてよい。

[0079] ダイオード部 80 には中間領域 22 が設けられる。中間領域 22 は、図 1 に示したようにカソード領域 24 の上に形成されてよく、図 8 に示したようにカソード領域 24 と同一の深さ位置に形成されてもよい。

[0080] トレンチ構造を有するゲート構造 120 およびダミートレンチ構造 140 は、図 11 に示した断面とは垂直な方向に延伸して形成されている。ゲート構造 120 およびダミートレンチ構造 140 が延伸している方向をトレンチ長手方向（図 11 における Y 軸方向）とし、半導体基板 10 のおもて面においてトレンチ長手方向と直交する方向をトレンチ短手方向（図 11 における X 軸方向）とする。

[0081] トランジスタ部 70 およびダイオード部 80 の境界と、トランジスタ部 70 に最も近い中間領域 22 との、半導体基板 10 のうら面と平行な面内のトレンチ短手方向（X 軸方向）における距離を D とする。つまり、X 軸方向におけるコレクタ領域 128 と中間領域 22 との距離を D とする。

[0082] また、中間領域 22 は、半導体基板 10 のうら面と平行な面において離散的に複数形成されている。トレンチ短手方向（X 軸方向）における中間領域 22 どうしの間隔を L1、中間領域 22 の幅を L2 とする。中間領域 22 の間隔 L1 および幅 L2 は、複数の中間領域 22 における平均値を用いてもよく、最大値を用いてもよい。また、トレンチ長手方向およびトレンチ短手方向

の双方に直交する深さ方向（図 1 1 における Z 軸方向）の半導体基板 1 0 の厚みを W とする。

[0083] コレクタ領域 1 2 8 と中間領域 2 2 との距離 D は、中間領域 2 2 どうしの間隔 L 1 よりも大きい。つまり、トランジスタ部 7 0 と隣接するダイオード部 8 0 の端部領域においては、他の領域に比べて中間領域 2 2 の密度が小さい。ダイオード部 8 0 の端部領域とは、一例として、カソード領域 2 4 のコレクタ領域 1 2 8 に接する位置をおもて面に投影した位置から、トレンチ短手方向に 1 以上のメサ部 1 5 0 を挟む 1 以上のトレンチ部であってよい。トランジスタ部 7 0 とダイオード部 8 0 との境界近傍においては、逆回復時に、コレクタ領域 1 2 8 が中間領域 2 2 と同様に機能できる。このため、ダイオード部 8 0 の端部領域においては、中間領域 2 2 を設けずとも、逆回復時における電圧および電流の振動を抑制できる。トランジスタ部 7 0 とダイオード部 8 0 との境界とは、一例として、カソード領域 2 4 がコレクタ領域 1 2 8 に接する位置であってよい。

[0084] ダイオード部 8 0 の端部領域に中間領域 2 2 を設けないので、XY 面における中間領域 2 2 の総面積を小さくできる。このため、ダイオード部 8 0 の動作を安定化させ、また、ダイオード部 8 0 の順方向電圧を低減できる。

[0085] また、コレクタ領域 1 2 8 と中間領域 2 2 との距離 D は、中間領域 2 2 の幅 L 2 より大きくてもよい。また、コレクタ領域 1 2 8 と中間領域 2 2 との距離 D は、半導体基板 1 0 の厚み W よりも大きくてよい。このように中間領域 2 2 を配置しても、トランジスタ部 7 0 のコレクタ領域 1 2 8 が設けられているので、逆回復時における電圧および電流の振動を抑制できる。距離 D をより大きくすれば、ダイオード部 8 0 の順方向電圧等の特性をより改善できる。

[0086] 図 1 2 は、図 1 1 に示した半導体装置 3 0 0 のうら面と平行な面における、中間領域 2 2 の配置例を示す図である。図 1 2 においては、中間領域 2 2 、ゲート構造 1 2 0 、ダミートレンチ構造 1 4 0 、カソード領域 2 4 、ゲート接続部 1 6 0 およびダミー接続部 1 7 0 の位置を重ねて示している。半導

体基板 10 のうら面側において、カソード領域 24 が形成されていない領域には、コレクタ領域 128 が形成されている。

[0087] 本例のゲート構造 120 およびダミートレンチ構造 140 は、U 字形状を有しているが、ゲート構造 120 およびダミートレンチ構造 140 の形状はこれに限定されない。ゲート構造 120 およびダミートレンチ構造 140 は、それぞれ Y 軸方向に延伸して形成された直線部分を有する。ゲート構造 120 またはダミートレンチ構造 140 の直線部分に挟まれた領域をメサ部 150 とする。

[0088] ゲート接続部 160 は、ゲート構造 120 のゲート電極 124 と接続されるゲートランナーである。ダミー接続部 170 は、ダミートレンチ構造 140 の内部の電極と接続されるダミーランナーである。本例のゲート接続部 160 およびダミー接続部 170 は、ポリシリコン等で形成される。ゲート接続部 160 およびダミー接続部 170 は、半導体基板 10 のおもて面の上方に形成される。ゲート接続部 160 およびダミー接続部 170 と、半導体基板 10 との間には、層間絶縁膜 114 等の絶縁膜が形成されている。ゲート接続部 160 およびダミー接続部 170 は、層間絶縁膜 114 に形成されたコンタクトホールを通して半導体基板 10 のおもて面に接触する。ゲート接続部 160 は、金属材料で形成されたゲートパッドと接続されてよい。ダミー接続部 170 は、エミッタ電極 112 に接続されてよい。

[0089] 上述したように、トランジスタ部 70 のおもて面側には、ゲート構造 120 が形成され、うら面側にはコレクタ領域 128 が形成されている。トランジスタ部 70 には、ダミートレンチ構造 140 の 1 つ以上の直線部分が、ゲート構造 120 の 1 つ以上の直線部分と、X 軸方向において交互に形成されていてもよい。

[0090] ダイオード部 80 のおもて面側には、ダミートレンチ構造 140 が形成され、うら面側にはカソード領域 24 および中間領域 22 が形成されている。X 軸方向におけるカソード領域 24 の端部と、中間領域 22 との距離 D は、メサ部 150 の幅 L3 より大きくてよい。つまり、X 軸方向のダイオード部

80の端部領域において、少なくとも一つ1のメサ部150の下方には、中間領域22が形成されなくてよい。X軸方向のダイオード部80の端部領域において、複数のメサ部150の下方に、中間領域22が形成されていなくともよい。

[0091] また、Y軸方向において、カソード領域24の端部（コレクタ領域128と接する部分）と、中間領域22との距離をD_Yとする。距離D_Yは、中間領域22のY軸方向における間隔L₄より大きくてよく、中間領域22のY軸方向における幅L₅より大きくてよく、半導体基板10の厚みWより大きくてもよい。距離D_Yは、距離Dと同一であってよい。

[0092] 図13は、ライフタイムキラ－28の深さ方向における濃度分布の他の例を示す図である。本例では、ライフタイムキラ－28のピークの位置P6は、FS領域20における2つのピーク26-a、26-bの位置P4およびP5の間に配置される。位置P6は、位置P4およびP5の間の中央に配置されてよい。上述したように、ライフタイムキラ－28のピーク位置と、FS領域20におけるピーク位置とを離して配置することで、ライフタイムキラ－28と、FS領域20におけるプロトン等とが相殺されるのを抑制する。

[0093] 本例のライフタイムキラ－28の濃度分布は、比較的ブロードな分布を有する。ライフタイムキラ－28がブロードな濃度分布を有することで、半導体装置100をソフトリカバリ動作させることができる。また、ライフタイムキラ－28の注入位置にバラツキが生じた場合でも、当該バラツキの影響を低減することができる。一例として、ライフタイムキラ－28の濃度分布の半値全幅FWHMは、5 μm以上である。半値全幅FWHMは、7 μm以上であってよく、9 μm以上であってもよい。

[0094] また、ライフタイムキラ－28の濃度のピークを挟む2つのピーク26-aおよび26-bの間隔（P4-P5）に対して、ライフタイムキラ－28の濃度分布の半値全幅FWHMが70%以上であってもよい。半値全幅FWHMは、FS領域20のピーク26の間隔（P4-P5）の80%以上であ

ってよく、１００％以上であってもよい。

[0095] また、ライフタイムキラー２８は、ＦＳ領域２０の２つのピーク２６－ａおよび２６－ｂと重なる位置まで分布していてもよい。一例として、位置Ｐ４および位置Ｐ５の双方において、ライフタイムキラー２８の濃度が、ライフタイムキラー２８のピーク濃度の１％以上であってよく、１０％以上であってもよい。

[0096] 以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変更または改良を加えることが可能であることが当業者に明らかである。その様な変更または改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、請求の範囲の記載から明らかである。

[0097] 請求の範囲、明細書、および図面中において示した装置、および方法における動作、手順、ステップ、および段階等の各処理の実行順序は、特段「より前に」、「先立って」等と明示しておらず、また、前の処理の出力を後の処理で用いるのでない限り、任意の順序で実現しうることに留意すべきである。請求の範囲、明細書、および図面中の動作フローに関して、便宜上「まず」、「次に、」等を用いて説明したとしても、この順で実施することが必須であることを意味するものではない。

符号の説明

[0098] １０・・・半導体基板、１２・・・アノード電極、１４・・・カソード電極、１６・・・アノード領域、１８・・・ドリフト領域、２０・・・ＦＳ領域、２２・・・中間領域、２３・・・ピーク、２４・・・カソード領域、２６・・・ピーク、２８・・・ライフタイムキラー、７０・・・トランジスタ部、８０・・・ダイオード部、１００・・・半導体装置、１１２・・・エミッタ電極、１１４・・・層間絶縁膜、１１５・・・コンタクト領域、１１６・・・エミッタ領域、１１８・・・ベース領域、１２０・・・ゲート構造、１２２・・・ゲート絶縁膜、１２４・・・ゲート電極、１２６・・・ドリフト領域、１２８・・・コレクタ領域、１３０・・・コレクタ電極、１４０・・・

・ダミートレンチ構造、１５０・・・メサ部、１６０・・・ゲート接続部、
１７０・・・ダミー接続部、２００・・・半導体装置、３００・・・半導体
装置

請求の範囲

- [請求項1] 半導体基板と、
 前記半導体基板のおもて面側に形成された第1導電型の第1領域と、
 、
 前記第1領域よりも前記半導体基板のうら面側に形成された第2導電型のドリフト領域と、
 前記ドリフト領域よりも前記半導体基板のうら面側に形成され、前記ドリフト領域の不純物濃度よりも高い不純物濃度のピークを1以上含む、第2導電型のバッファ領域と、
 前記半導体基板のうら面側に配置され、キャリアライフタイムを短くするライフタイムキラート
 を備え、
 前記ライフタイムキラートの濃度のピークが、前記バッファ領域における不純物濃度のピークのうち最も前記半導体基板のおもて面側のピークと、前記半導体基板のうら面との間に配置された半導体装置。
- [請求項2] 前記バッファ領域における不純物濃度のピークのうち最も前記半導体基板のうら面側のピークと、前記半導体基板のうら面との間に形成された第1導電型の第2領域を更に備え、
 前記ライフタイムキラートの濃度のピークが、前記第2領域における不純物濃度のピークよりも前記半導体基板のおもて面側に配置された請求項1に記載の半導体装置。
- [請求項3] 前記バッファ領域における不純物濃度分布は複数のピークを有し、
 前記ライフタイムキラートの濃度のピークが、前記バッファ領域における不純物濃度のピークのうち最も前記半導体基板のうら面側のピークよりも、前記半導体基板のうら面側に配置された
 請求項2に記載の半導体装置。
- [請求項4] 前記ライフタイムキラートの濃度のピークと前記第2領域における不純物濃度のピークとの距離が、前記ライフタイムキラートの濃度のピーク

クと前記バッファ領域における不純物濃度のピークのうち最も前記半導体基板のうら面側のピークとの距離よりも大きい

請求項 2 または 3 に記載の半導体装置。

[請求項5] 前記バッファ領域における不純物濃度分布は複数のピークを有し、
前記ライフタイムキラーの濃度のピークが、前記バッファ領域における不純物濃度のいずれか 2 つのピークの間配置された

請求項 2 に記載の半導体装置。

[請求項6] 前記ライフタイムキラーの濃度のピークが、前記バッファ領域における不純物濃度のピークのいずれにも重ならない位置に配置された

請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項7] 前記ライフタイムキラーの濃度のピークは、前記バッファ領域における不純物濃度のピークのうち最も前記半導体基板のうら面側のピークよりも高濃度である

請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項8] 前記ライフタイムキラーの濃度のピークは、前記第 2 領域における濃度のピークよりも低濃度である

請求項 2 から 5 のいずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項9] 前記バッファ領域にはプロトンが注入されており、
前記ライフタイムキラーはヘリウムである

請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項10] 前記半導体基板の深さ方向における、前記ライフタイムキラーの濃度分布の半値全幅が、 $5\ \mu\text{m}$ 以上である

請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項11] 前記バッファ領域は、前記ライフタイムキラーの濃度のピークを挟む不純物濃度の 2 つのピークを有し、

前記ライフタイムキラーの濃度分布の半値全幅が、当該 2 つのピークの間隔の 70%以上である

請求項 5 に記載の半導体装置。

- [請求項12] 前記半導体基板は、トランジスタが形成されるトランジスタ部と、ダイオードが形成されるダイオード部とを有し、
前記第2領域は、前記ダイオード部において離散的に設けられ、
前記半導体基板のうら面と平行な面において、前記トランジスタ部および前記ダイオード部の境界と、前記第2領域との距離Dが、前記第2領域どうしの間隔より大きい
請求項2から5のいずれか一項に記載の半導体装置。
- [請求項13] 前記距離Dが、前記半導体基板の厚みよりも大きい
請求項12に記載の半導体装置。
- [請求項14] 前記距離Dが、前記第2領域の幅より大きい
請求項12または13に記載の半導体装置。

補正された請求の範囲
[2017年7月21日(21.07.2017)国際事務局受理]

- [請求項1] (補正後)
- 半導体基板と、
- 前記半導体基板のおもて面側に形成された第1導電型の第1領域と、
- 前記第1領域よりも前記半導体基板のうら面側に形成された第2導電型のドリフト領域と、
- 前記ドリフト領域よりも前記半導体基板のうら面側に形成され、前記ドリフト領域の不純物濃度よりも高い不純物濃度のピークを1以上含む、第2導電型のバッファ領域と、
- 前記半導体基板のうら面側に配置され、キャリアライフタイムを短くするライフタイムキラーと
- を備え、
- 前記バッファ領域における不純物濃度分布は複数のピークを有し、
- 前記ライフタイムキラーの濃度のピークが、前記バッファ領域における不純物濃度のピークのうち最も前記半導体基板のおもて面側のピークと、前記半導体基板のうら面との間に配置され、且つ、前記バッファ領域における不純物濃度のピークのいずれにも重ならない位置に配置された半導体装置。
- [請求項2] (補正後)
- 前記ライフタイムキラーの濃度のピークが、前記バッファ領域における不純物濃度のピークのうち最も前記半導体基板のうら面側のピークよりも、前記半導体基板のうら面側に配置された
- 請求項1に記載の半導体装置。
- [請求項3] (補正後)
- 前記バッファ領域における不純物濃度のピークのうち最も前記半導体基板のうら面側のピークと、前記半導体基板のうら面との間に形成された第1導電型の第2領域を更に備え、

前記ライフタイムキラーの濃度のピークが、前記第2領域における不純物濃度のピークと重ならない位置に配置された

請求項1または2に記載の半導体装置。

[請求項4] (補正後)

前記ライフタイムキラーの濃度のピークが、前記第2領域における不純物濃度のピークよりも前記半導体基板のおもて面側に配置された

請求項3に記載の半導体装置。

[請求項5] (補正後)

前記ライフタイムキラーの濃度のピークと前記第2領域における不純物濃度のピークとの距離が、前記ライフタイムキラーの濃度のピークと前記バッファ領域における不純物濃度のピークのうち最も前記半導体基板のうら面側のピークとの距離よりも大きい

請求項4に記載の半導体装置。

[請求項6] (補正後)

前記第2領域と同一の深さ位置に形成された、第2導電型のカソード領域を更に備え、

前記ライフタイムキラーが、前記カソード領域の上方にも形成される

請求項4に記載の半導体装置。

[請求項7] (補正後)

前記ライフタイムキラーの濃度のピークが、前記バッファ領域における不純物濃度のいずれか2つのピークの間に配置された

請求項1に記載の半導体装置。

[請求項8] (補正後)

前記半導体基板の深さ方向における前記ライフタイムキラーの濃度分布は、複数のピークを有する

請求項1に記載の半導体装置。

[請求項9] (補正後)

前記ライフタイムキラーの濃度のピークは、前記バッファ領域における不純物濃度のピークのうち最も前記半導体基板のうら面側のピークよりも高濃度である

請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項10] (補正後)

前記ライフタイムキラーの濃度のピークは、前記第 2 領域における濃度のピークよりも低濃度である

請求項 3 から 6 のいずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項11] (補正後)

前記バッファ領域にはプロトンが注入されており、
前記ライフタイムキラーはヘリウムである

請求項 1 から 10 のいずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項12] (補正後)

前記半導体基板の深さ方向における、前記ライフタイムキラーの濃度分布の半値全幅が、5 μm 以上である

請求項 1 から 11 のいずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項13] (補正後)

前記バッファ領域は、前記ライフタイムキラーの濃度のピークを挟む不純物濃度の 2 つのピークを有し、

前記ライフタイムキラーの濃度分布の半値全幅が、当該 2 つのピークの間隔の 70 % 以上である

請求項 7 に記載の半導体装置。

[請求項14] (補正後)

前記半導体基板は、トランジスタが形成されるトランジスタ部と、ダイオードが形成されるダイオード部とを有し、

前記第 2 領域は、前記ダイオード部において離散的に設けられ、

前記半導体基板のうら面と平行な面において、前記トランジスタ部

および前記ダイオード部の境界と、前記第2領域との距離Dが、前記第2領域どうしの間隔より大きい

請求項3から6のいずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項15] (追加)

半導体基板と、

前記半導体基板のおもて面側に形成された第1導電型の第1領域と、
前記第1領域よりも前記半導体基板のうら面側に形成された第2導電型のドリフト領域と、

前記ドリフト領域よりも前記半導体基板のうら面側に形成され、前記ドリフト領域の不純物濃度よりも高い不純物濃度のピークを1以上含む、第2導電型のバッファ領域と、

前記バッファ領域における不純物濃度のピークのうち最も前記半導体基板のうら面側のピークと、前記半導体基板のうら面との間に形成された第1導電型の第2領域と

を備え、

前記半導体基板は、トランジスタが形成されるトランジスタ部と、ダイオードが形成されるダイオード部とを有し、

前記第2領域は、前記ダイオード部において離散的に設けられ、

前記半導体基板のうら面と平行な面において、前記トランジスタ部および前記ダイオード部の境界と、前記第2領域との距離Dが、前記第2領域どうしの間隔より大きい半導体装置。

[請求項16] (追加)

前記距離Dが、前記半導体基板の厚みよりも大きい

請求項15に記載の半導体装置。

[請求項17] (追加)

前記距離Dが、前記第2領域の幅より大きい

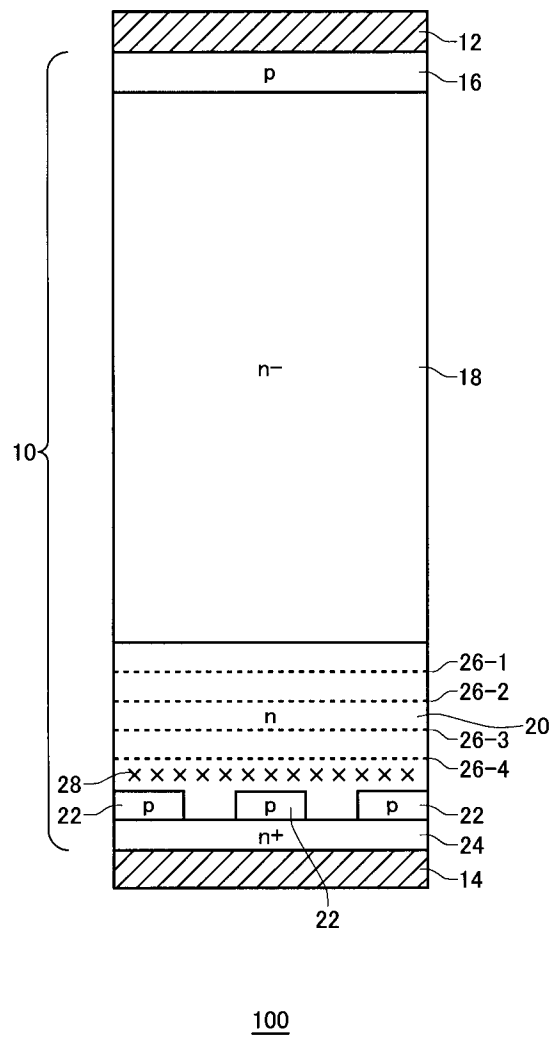
請求項15または16に記載の半導体装置。

- [請求項18] (追加)
- 前記ダイオード部は、
複数のダミートレンチ構造と、
前記ダミートレンチ構造に挟まれた前記半導体基板の領域であるメサ部と
を有し、
前記距離Dが、前記距離Dと同一の方向における前記メサ部の幅より大きい
請求項15から17のいずれか一項に記載の半導体装置。
- [請求項19] (追加)
- 前記ダイオード部は、
前記半導体基板のうら面と平行な面において延伸方向に延伸した直線部分を含むダミートレンチ構造と、
前記第2領域のうら面側に形成された、第2導電型のカソード領域と
を有し、
前記延伸方向における前記カソード領域と前記第2領域との距離DYが、前記延伸方向における前記第2領域どうしの間隔および前記第2領域の幅の少なくとも一方より大きい
請求項15から18のいずれか一項に記載の半導体装置。
- [請求項20] (追加)
- 前記ダイオード部は、
前記半導体基板のうら面と平行な面において延伸方向に延伸した直線部分を含むダミートレンチ構造と、
前記第2領域のうら面側に形成された、第2導電型のカソード領域と
を有し、
前記延伸方向における前記カソード領域と前記第2領域との距離D

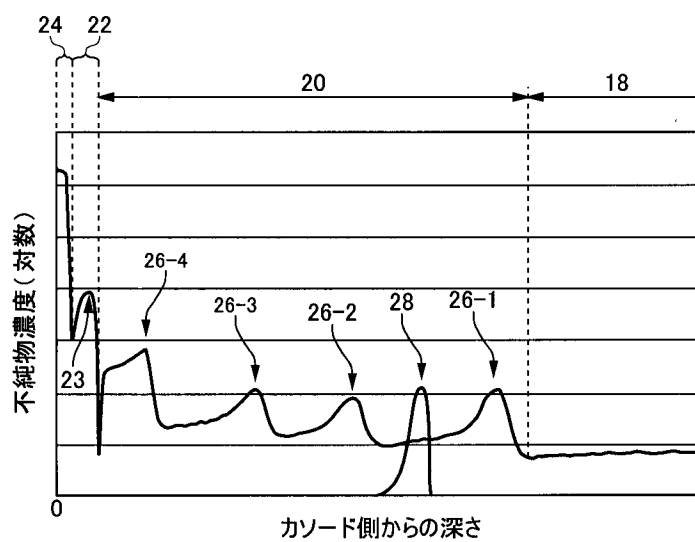
Yが、前記距離Dと同一である

請求項15から19のいずれか一項に記載の半導体装置。

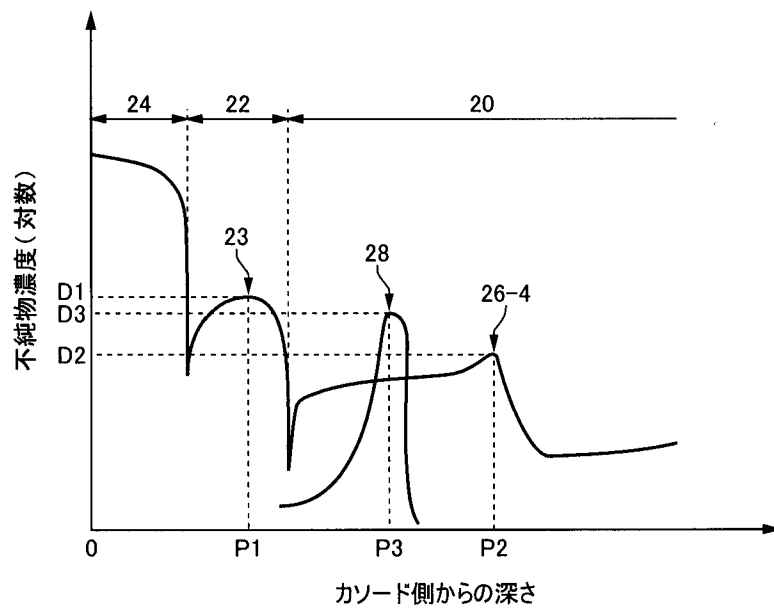
[図1]



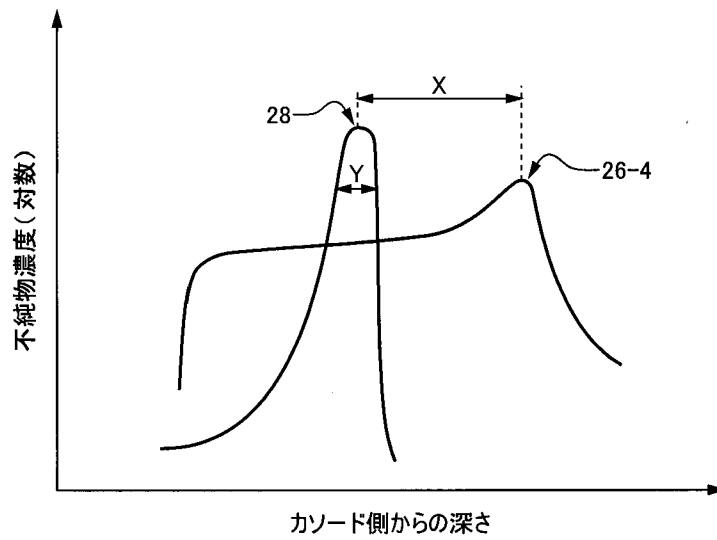
[図2]



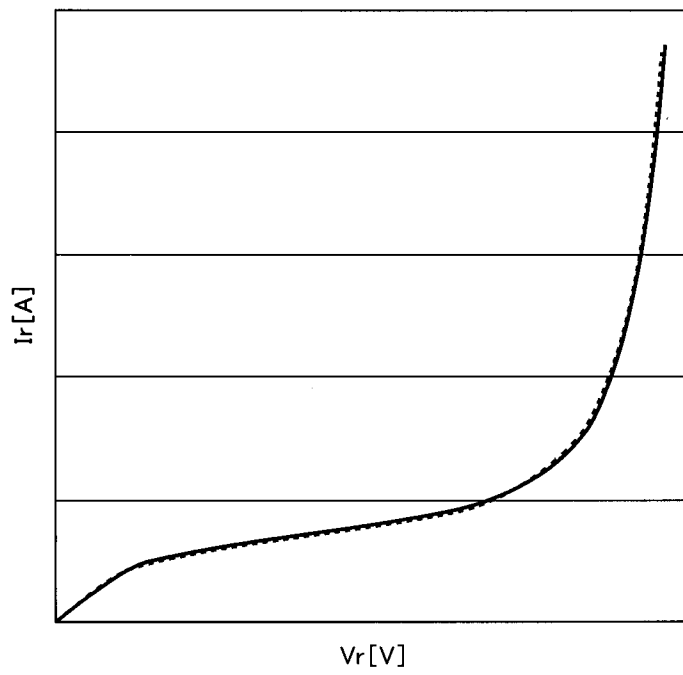
[図3]



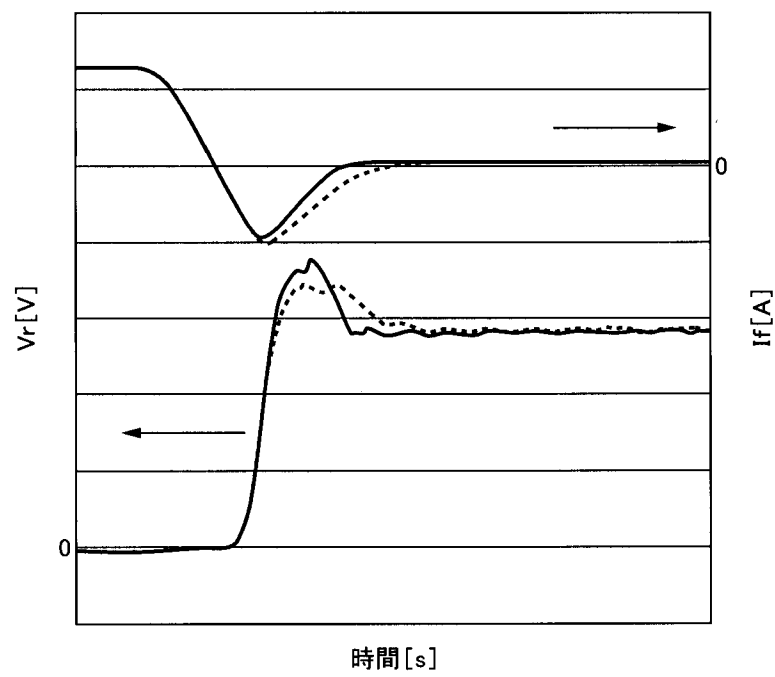
[図4]



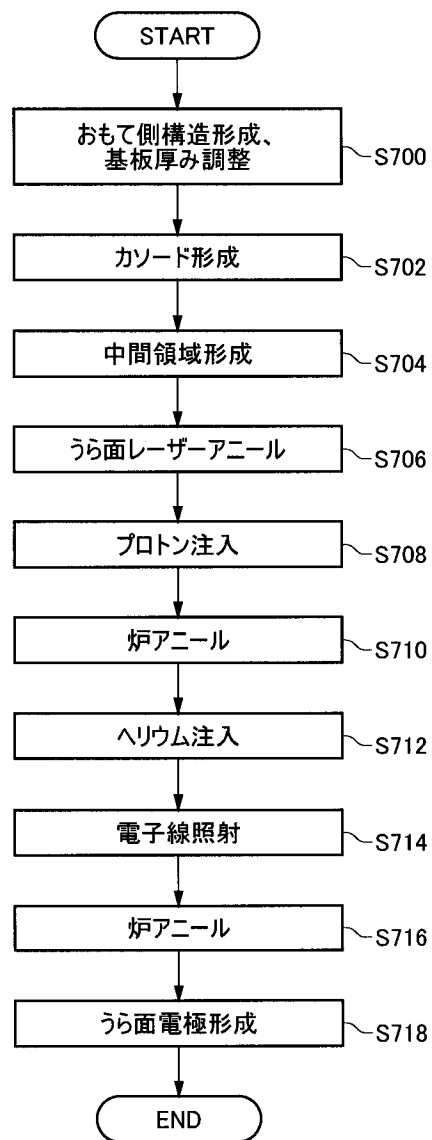
[図5]



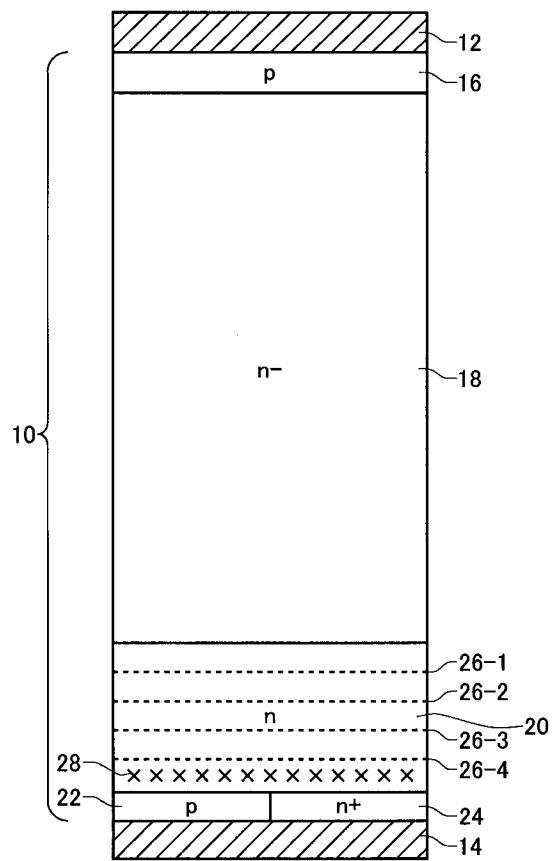
[図6]



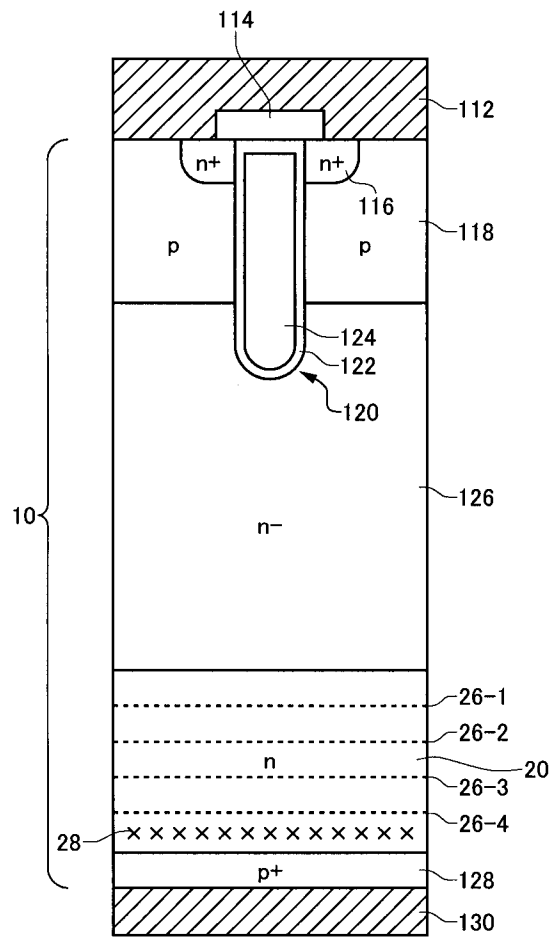
[図7]



[図8]

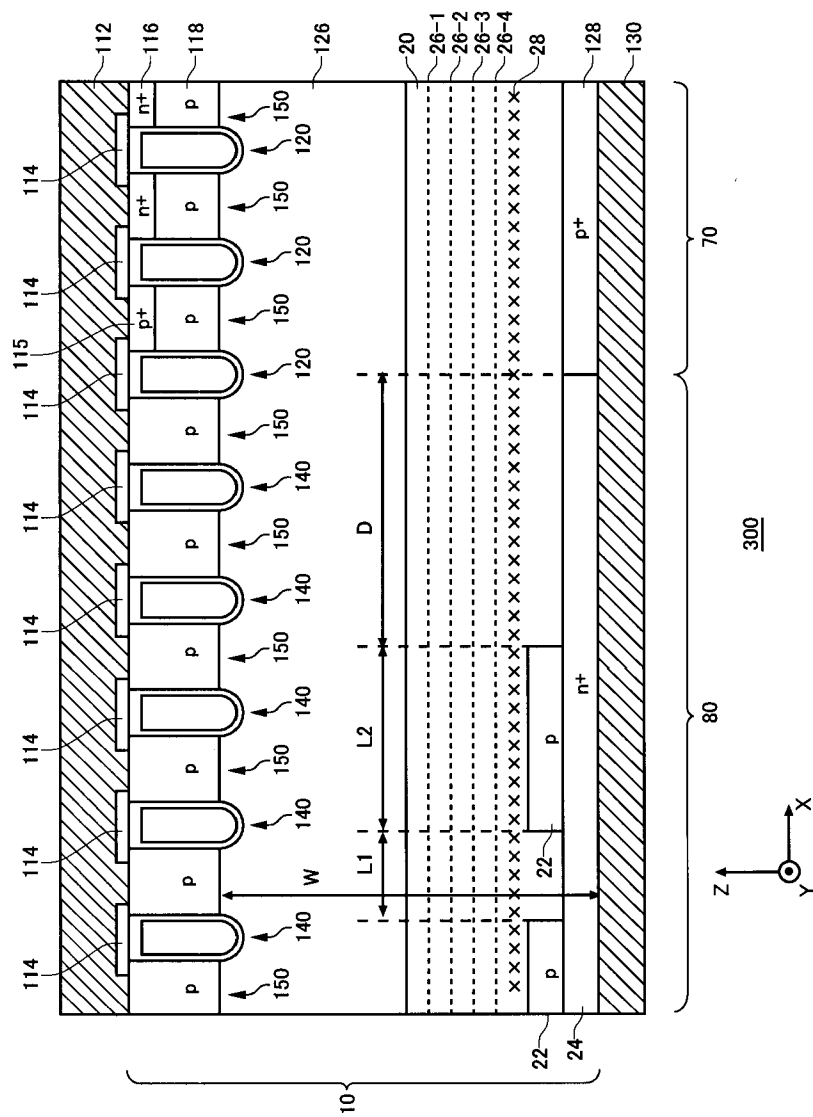
100

[図9]

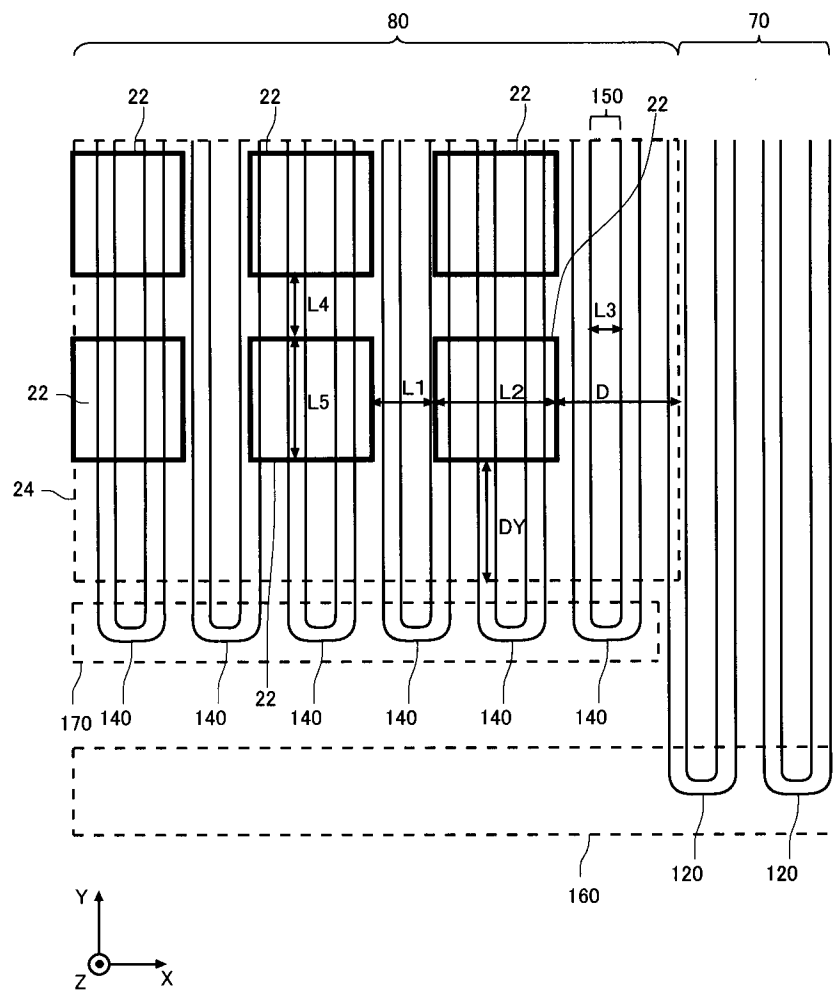
200

300

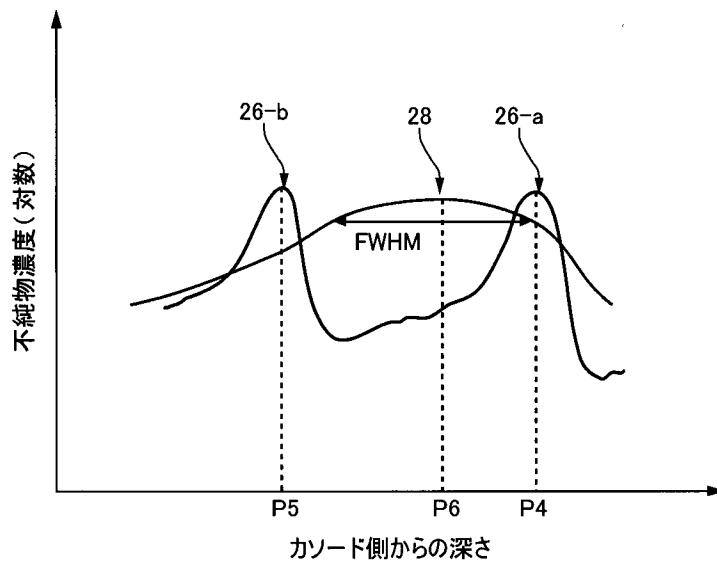
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/006830

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/336(2006.01)i, H01L21/265(2006.01)i, H01L21/322(2006.01)i,
H01L29/739(2006.01)i, H01L29/78(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)

H01L21/336, H01L21/265, H01L21/322, H01L29/739, H01L29/78, 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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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 Y A	JP 2015-211149 A (Toyota Motor Corp., Toyota Central Research and Development Laboratories, Inc.), 24 November 2015 (24.11.2015), paragraphs [0008] to [0030], [0034] to [0037]; fig. 1, 2, 8, 9 & US 2017/0069625 A1 paragraphs [0019] to [0044], [0048] to [0051]; fig. 1, 2, 8, 9 & WO 2015/166703 A1 & DE 112015002028 T5 & CN 106463529 A	1 2, 5-11 3, 4, 12-14

☒ 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

"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
09 May 2017 (09.05.17)

Date of mailing of the international search report
23 May 2017 (23.05.17)

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/JP2017/006830

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	WO 2014/156849 A1 (Fuji Electric Co., Ltd.), 02 October 2014 (02.10.2014), paragraphs [0099] to [0105]; fig. 19, 20 & US 2015/0364613 A1 paragraphs [0126] to [0132]; fig. 19, 20 & EP 2980856 A1 & CN 104969360 A & KR 10-2015-0136046 A	2, 5-11 1, 3, 4, 12-14

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L21/336(2006.01)i, H01L21/265(2006.01)i, H01L21/322(2006.01)i, H01L29/739(2006.01)i, H01L29/78(2006.01)i, H01L29/861(2006.01)i, H01L29/868(2006.01)i

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))

Int.Cl. H01L21/336, H01L21/265, H01L21/322, H01L29/739, H01L29/78, 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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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 Y A	JP 2015-211149 A (トヨタ自動車株式会社、株式会社豊田中央研究所) 2015.11.24, 0008 段落ないし 0030 段落、0034 段落ないし 0037 段落、図 1、図 2、図 8 及び図 9 & US 2017/0069625 A1, 0019 段落ないし 0044 段落、0048 段落ないし 0051 段落、図 1、図 2、図 8 及び図 9 & WO 2015/166703 A1 & DE 112015002028 T5 & CN 106463529 A	1 2, 5-11 3, 4, 12-14

☒ 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
「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
「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

09.05.2017

国際調査報告の発送日

23.05.2017

国際調査機関の名称及びあて先

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

特許庁審査官 (権限のある職員)

棚田 一也

5 F

9361

電話番号 03-3581-1101 内線 3516

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 A	WO 2014/156849 A1 (富士電機株式会社) 2014. 10. 02, 0099 段落ないし 0105 段落、図 19 及び図 20 & US 2015/0364613 A1, 0126 段落ないし段落 0132、図 19 及び図 20 & EP 2980856 A1 & CN 104969360 A & KR 10-2015-0136046 A	2, 5-11 1, 3, 4, 12-14