

(43) 国際公開日
2009年6月18日 (18.06.2009)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/075200 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 29/739 (2006.01) H01L 29/12 (2006.01)
H01L 21/336 (2006.01) H01L 29/78 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2008/071858
- (22) 国際出願日: 2008年12月2日 (02.12.2008)
- (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 2007-317913
2007年12月10日 (10.12.2007) JP
特願2008-156240 2008年6月16日 (16.06.2008) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社豊田中央研究所 (KABUSHIKI KAISHA TOYOTA CHUO KENKYUSHO) [JP/JP]; 〒4801192 愛知

県愛知郡長久手町大字長湫字横道4-1番地の1 Aichi (JP). 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).

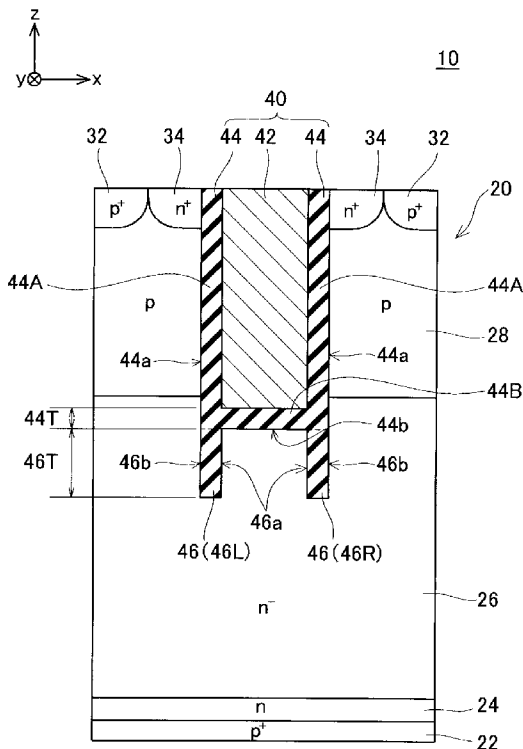
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 青井 佐智子 (AOI, Sachiko) [JP/JP]; 〒4801192 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4-1番地の1 株式会社豊田中央研究所内 Aichi (JP). 杉山 隆英 (SUGIYAMA, Takahide) [JP/JP]; 〒4801192 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4-1番地の1 株式会社豊田中央研究所内 Aichi (JP). 鈴木 隆司 (SUZUKI, Takashi) [JP/JP]; 〒4801192 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4-1番地の1 株式会社豊田中央研究所内 Aichi (JP). 添野 明高 (SOENO, Akitaka) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市ト

[続葉有]

(54) Title: SEMICONDUCTOR DEVICE AND METHOD OF MANUFACTURING THE DEVICE, AND METHOD OF MANUFACTURING TRENCH GATE

(54) 発明の名称: 半導体装置とその製造方法、並びにトレンチゲートの製造方法

[図1]



(57) Abstract: Disclosed is an IGBT (10) comprising an n⁺-type emitter region (34), an n-type drift region (26), a p-type body region (28) formed between the emitter region (34) and the drift region (26), a trench gate (40) extending in the body region (28) from the emitter region (34) toward the drift region (26), and an insulator protrusion (60) contacting the surface of the trench gate (40). The protrusion (60) protrudes at least partially into the drift region (26). The protrusion (60) suppresses physically the migrations of electrons fed from the semiconductor region of the surface portion, to the below the trench gate (40), so that positive holes can be prevented from being attracted by those electrons and concentrated below the trench gate (40). As a result, the gate capacity can be suppressed from being fluctuated with age by the concentration of carriers, so that the IGBT (10) of a high resistance can be provided.

(57) 要約: IGBT 10は、n⁺型のエミッタ領域34と、n型のドリフト領域26と、エミッタ領域34とドリフト領域26の間に設けられているp型のボディ領域28と、エミッタ領域34からドリフト領域26に向けてボディ領域28内を伸びているトレンチゲート40と、トレンチゲート40の表面に接している絶縁体の突出部60を備えている。突出部60の少なくとも一部がドリフト領域26内に突出している。突出部60は、表面部半導体領域から供給される電子がトレンチゲート40の下方向に移動するのを物理的に抑制し、これにより、その電子に引き寄せられてトレンチゲート40の下

に正孔が集中するのを抑制することができる。この結果、ゲート容量がキャリアの集中によって経時的

[続葉有]



ヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 西脇 剛 (NISHIWAKI, Tsuyoshi) [JP/JP]; 〒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).

ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(74) 代理人: 特許業務法人 快友国際特許事務所 (KAI-U PATENT LAW FIRM); 〒4500002 愛知県名古屋市中村区名駅二丁目 4 5 番 1 4 号 日石名駅ビル 7 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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,

(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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

明 細 書

半導体装置とその製造方法、並びにトレンチゲートの製造方法 技術分野

[0001] 本出願は、2007年12月10日に出願された日本国特許出願第2007-317913号及び2008年6月16日に出願された日本国特許出願第2008-156240号に基づく優先権を主張する。それらの出願の全ての内容はこの明細書中に参照により援用されている。

本発明は、トレンチゲートを有する半導体装置とその製造方法に関する。また、本発明は、トレンチゲートを製造する方法にも関する。

背景技術

[0002] 図33に、トレンチゲート140を有するIGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) 100の要部断面図を模式的に示す。IGBT100は、 p^+ 型のコレクタ領域122と、 n 型のバッファ領域124と、 n^- 型のドリフト領域126と、 p 型のボディ領域128と、 p^+ 型のボディコンタクト領域132と、 n^+ 型のエミッタ領域134と、トレンチゲート140を備えている。トレンチゲート140は、エミッタ領域134からドリフト領域126に向けてボディ領域128を貫通して伸びている。トレンチゲート140は、ゲート絶縁膜144と、そのゲート絶縁膜144で被覆されているゲート電極142を有している。

[0003] 図33に示すように、IGBT100がオンすると、エミッタ領域134から電子が供給される。電子は、トレンチゲート140の側面に沿ってボディ領域128を通過し、ドリフト領域126に供給される。一方、コレクタ領域122からは正孔が供給される。正孔は、バッファ領域124を通過してドリフト領域126に供給される。

[0004] 図33に示すように、エミッタ領域134から供給された電子は、ゲート電極142の電位に引き寄せられるので、トレンチゲート140の側方から下方に移動する。一方、コレクタ領域122から供給された正孔は、その電子に引き寄せられるので、トレンチゲート140の下方に移動する。したがって、トレンチゲート140の下方には、正孔が集中する。トレンチゲート140の下方に正孔が集中すると、ゲート容量が経時的に変動する。例えば、IGBT100がオフからオンに切換わる時に、ゲート容量が経時的に変動

すると、コレクタ電流やコレクタ・エミッタ間電圧も経時的に変動し、その結果、サージ電圧を引き起こしてしまう。

- [0005] 特開2006-332591号公報及び特開2006-120951号公報は、トレンチゲート140の底面のゲート絶縁膜144を厚く形成する技術を開示している。この技術によると、トレンチゲート140の下方に移動する電子量を減少させることができるので、トレンチゲート140の下方に移動する正孔量も減少させることができる。この結果、ゲート容量の経時的な変動を緩和させ、サージ電圧の発生を抑制することができる。

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0006] しかしながら、ゲート電極142に印加されるゲート電位が大きい場合は、ゲート絶縁膜144を厚く形成したとしても、ゲート電極142の電位に引き寄せられてトレンチゲート140の下方に電子が移動し、その電子に引き寄せられてトレンチゲート140の下方に正孔も移動してしまう。ゲート絶縁膜144を厚く形成する技術は、根本的な解決策を提供するものではない。

- [0007] 本発明は、キャリアがトレンチゲートの下方へ移動するのを物理的に抑制する技術を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

- [0008] 本明細書で開示される技術は、トレンチゲートの表面の一部に絶縁体の突出部を設けることを特徴としている。突出部の少なくとも一部は、ドリフト領域内に突出している。このため、ドリフト領域内に突出している突出部の一部は、ドリフト領域で囲まれているので、突出部の一部の一方の表面とそれに対向する表面の間に電位差が生じない。このため、ドリフト領域内に突出している突出部の一部の表面には反転層が形成されない。したがって、エミッタ領域から供給された電子は、この突出部を超えて移動することができない。この結果、トレンチゲートの下方に移動する電子量が減少し、その電子に引き寄せられてトレンチゲートの下方に移動する正孔量も減少する。

- [0009] 即ち、本明細書で開示される半導体装置は、第1導電型の表面部半導体領域と、第1導電型の深部半導体領域と、表面部半導体領域と深部半導体領域の間に設けられている第2導電型の間部半導体領域と、トレンチゲートと、トレンチゲートの表

面に接している絶縁体の突出部を備えている。トレンチゲートは、表面部半導体領域から深部半導体領域に向けて中間部半導体領域内を伸びている。トレンチゲートは、中間部半導体領域を貫通して深部半導体領域内に侵入してもよいし、侵入しなくてもよい。トレンチゲートが中間部半導体領域を貫通していない場合は、後述するように、突出部による第2の反転層を利用してキャリアを流すことが可能である。トレンチゲートは、ゲート絶縁膜と、そのゲート絶縁膜で被覆されているゲート電極を有している。突出部の少なくとも一部は、深部半導体領域内に突出している。

[0010] 上記半導体装置では、トレンチゲートのゲート絶縁膜は、表面部半導体領域から深部半導体領域に向けて伸びているとともに相互に対向している一对の側壁と、一方の側壁から他方の側壁まで伸びている底壁を有していてもよい。この場合、突出部は、ゲート絶縁膜の底壁に接していてもよく、ゲート絶縁膜の側壁に接していてもよい。

[0011] 突出部がゲート絶縁膜の底壁に接している場合、複数の突出部がその底壁に接しているのが好ましい。

上記半導体装置では、イオン注入技術を利用して、中間部半導体領域を形成することができる。複数の突出部がゲート絶縁膜の底壁に接していると、中間部半導体領域がトレンチゲートの深さを超えて深い位置まで拡散したとしても、その中間部半導体領域がトレンチゲートの下方にまで拡散することを突出部によって防止することができる。したがって、中間部半導体領域がトレンチゲートの深さを超えて深い位置まで拡散したとしても、隣接する突出部の間のトレンチゲートの下方に深部半導体領域を存在させることができる。即ち、深部半導体領域と中間部半導体領域が突出部を挟んで対向することになる。この場合、半導体装置がオンしているときに、深部半導体領域と中間部半導体領域の間に電位差が生じるので、中間部半導体領域が接する突出部の表面の一部には第2の反転層が形成される。このため、表面部半導体領域から供給されたキャリアは、その第2の反転層を通過して深部半導体領域内に移動することができる。従来のトレンチゲートでは、中間部半導体領域がトレンチゲートの深さを超えて拡散すると、オンとオフを切換えることができなくなる。しかし、上記半導体装置のように、ゲート絶縁膜の底壁に複数の突出部が設けられていると、中間部半導体領域がトレンチゲートの深さを超えて深い位置まで拡散したとしても、オンとオ

フを切換えることに支障がない。上記形態の半導体装置は、製造し易いという特徴を有する。なお、前記したように、突出部の少なくとも一部は深部半導体領域内に存在しているので、その部分には第2の反転層が形成されない。このため、キャリアが突出部を超えてトレンチゲートの下方にまで移動することはない。即ち、上記形態の突出部は、キャリアがトレンチゲートの下方に移動するのを物理的に抑制する効果に加えて、半導体装置の製造を容易にするという効果をも有する。

[0012] 複数の突出部がゲート絶縁膜の底壁に接している場合、上記半導体装置は、隣接する突出部の間に設けられている第2導電型の底壁半導体領域をさらに備えているのが好ましい。また、その底壁半導体領域がフローティングであることが好ましい。

トレンチゲートの下方にフローティングの底壁半導体領域が設けられていると、ゲート容量を小さくすることができるので、スイッチングを高速化させることができる。

[0013] 本明細書で開示される技術は、トレンチゲートを製造する方法も提供することができる。本明細書で開示されるトレンチゲートの製造方法は、半導体基板のトレンチゲート形成領域の表面の一部からドライエッチングによって第1の深さを有する第1トレンチを形成する第1工程を備えている。さらに、このトレンチゲートの製造方法は、半導体基板のトレンチゲート形成領域の表面の残部からドライエッチングによって第2の深さを有する第2トレンチを形成する第2工程を備えている。第1の深さは第2の深さよりも深い。第1工程と第2工程は、どちらが先に実施されてもよい。

上記製造方法によると、第1トレンチが第2トレンチよりも深く形成される。このため、第2トレンチから突出する第1トレンチは、トレンチゲートの底面から突出する突出トレンチとなる。この突出トレンチの少なくとも一部が深部半導体領域内に位置すると、突出トレンチの一部の相互に対向する側面はいずれも、深部半導体領域に接するようになる。このため、突出トレンチの一部の一方の側面と他方の側面の間には電位差が生じないので、突出トレンチの一部の側面には反転層が形成されない。即ち、上記製造方法によると、本明細書で開示される技術を具現化したトレンチゲートを製造することができる。

なお、第1トレンチを形成する位置は、トレンチゲート形成領域の少なくとも一部であればよい。例えば、第1トレンチをトレンチゲート形成領域の中心側に形成すれば、ト

レンチゲートの底面の中心側から突出する突出トレンチが形成される。好ましくは、第1トレンチをトレンチゲート形成領域の周縁に沿った位置の少なくとも一部に形成するのが良い。より好ましくは、第1トレンチをトレンチゲート形成領域の周縁に沿って一巡して形成するのが良い。

- [0014] 本明細書で開示される技術は、トレンチゲートを製造する他の方法も提供することができる。本明細書で開示されるトレンチゲートの製造方法は、半導体基板のトレンチゲート形成領域の表面の一部からドライエッチングによって複数のトレンチを形成する第1工程を備えている。さらに、このトレンチゲートの製造方法は、複数のトレンチ内にエッチング液を供給し、トレンチの底面から下方に向けて突出する突出トレンチをウェットエッチングによって形成する第2工程を備えている。第1工程で形成されるトレンチの側面は第1面方位を有しており、第2工程で形成される突出トレンチの側面は第2面方位を有している。第1側面と第2側面は、非平行である。なお、第2工程では、ウェットエッチングによってトレンチとトレンチの間の壁を除去してもよく、必要に応じて除去しなくてもよい。例えば、トレンチとトレンチの間の壁を酸化する工程を追加し、トレンチゲートが複数の部屋に分割された形態にしてもよい。

上記製造方法では、ドライエッチングとウェットエッチングを組合せてトレンチゲートを形成することによって、各トレンチの底面から下方に突出する突出トレンチを形成することができる。上記製造方法では、複数のトレンチが1つのトレンチゲートを画定しているので、トレンチゲートの底面に複数の突出トレンチが形成される。これら突出トレンチの少なくとも一部が深部半導体領域内に位置すると、突出トレンチの一部の相互に対向する側面はいずれも、深部半導体領域に接するようになる。このため、突出トレンチの一部の一方の側面と他方の側面の間には電位差が生じないので、突出トレンチの一部の側面には反転層が形成されない。即ち、上記製造方法によると、本明細書で開示される技術を具現化したトレンチゲートを製造することができる。

なお、半導体基板にシリコン基板を用いた場合は、第1面方位は(100)面であり、第2面方位は(111)面であることが好ましい。この場合、例えば、ドライエッチングにはHBrガスを用いることができ、ウェットエッチングにはKOH水溶液を用いることができる。

[0015] 本明細書で開示される技術は、トレンチゲートを製造するさらに他の方法も提供することができる。本明細書で開示されるトレンチゲートの製造方法は、半導体基板のトレンチゲート形成領域の表面からドライエッチングによってトレンチを形成する第1工程を備えている。さらに、このトレンチゲートの製造方法は、ドライエッチングによって生成される半導体基板とエッチングガスが結合した揮発性物質が前記トレンチの底面に堆積する条件のドライエッチングによって、トレンチを更に深くする第2工程を備えている。

上記製造方法では、少なくとも2回のドライエッチングを実施してトレンチを形成する。第2工程で実施するドライエッチングは、半導体基板とエッチングガスが結合した揮発性物質がトレンチの底面に堆積する条件で行われる。一般的に、トレンチの底面に揮発性物質が堆積すると、その揮発性物質はトレンチの底面の中心側に多く堆積する。このため、この条件でドライエッチングを実施し続けると、トレンチの底面において、周縁側のエッチングが中心側のエッチングよりも早く進行する。この結果、トレンチの底面の周縁側に突出トレンチが形成される。これら突出トレンチの一部が深部半導体領域内に位置すると、突出トレンチの一部の相互に対向する側面はいずれも、深部半導体領域に接するようになる。このため、突出トレンチの一部の一方の側面と他方の側面の間には電位差が生じないので、突出トレンチの一部の側面には反転層が形成されない。即ち、上記製造方法によると、本明細書で開示される技術を具現化したトレンチゲートを製造することができる。

[0016] 本明細書で開示される技術は、トレンチゲートを製造するさらに他の方法も提供することができる。本明細書で開示されるトレンチゲートの製造方法は、半導体基板のトレンチゲート形成領域の表面の一部にマスクを形成する第1工程と、半導体基板のトレンチゲート形成領域の表面からドライエッチングによってトレンチを形成する第2工程を備えている。第2工程では、トレンチゲート形成領域の表面のマスクが消失した後もドライエッチングを継続する。

上記製造方法の第2工程は、2つの段階に分けられる。まず、第1段階では、マスクで被覆されていないトレンチゲート形成領域の表面がエッチングされる。この第1段階では、エッチングレートは遅いものの、トレンチゲート形成領域の表面に形成されたマ

スクも少しずつエッチングされ、最終的には消失する。マスクが消失したときには、マスクによって被覆されていなかった部分のエッチングが進行しており、初期トレンチが形成される。即ち、第1段階では、トレンチ形成領域の表面の一部にマスクを形成することによって、トレンチ形成領域のエッチングの進行度に差を設ける。次に、第2段階では、マスクが消失した後もドライエッチングを継続することによって、トレンチ形成領域のトレンチを更に掘下げていく。第1段階で設けられたエッチングの進行度の差によって、第2段階が終了したときのトレンチの底面には突出トレンチが形成される。この突出トレンチの一部が深部半導体領域内に位置すると、突出トレンチの一部の相互に対向する側面はいずれも、深部半導体領域に接するようになる。このため、突出トレンチの一部の一方の側面と他方の側面の間には電位差が生じないので、突出トレンチの一部の側面には反転層が形成されない。上記製造方法によると、1回のドライエッチングを実施するだけで、本明細書で開示される技術を具現化したトレンチゲートを製造することができる。

また、第1工程では、トレンチゲート形成領域の表面に複数のマスクを分散して形成することが好ましい。複数のマスクを分散して配置することによって、幅広いトレンチを形成することができる。

発明の効果

- [0017] 本明細書で開示される突出部は、表面部半導体領域から供給される第1のタイプのキャリアがトレンチゲートの下方に移動するのを物理的に抑制し、これにより、その第1のタイプのキャリアに引き寄せられてトレンチゲートの下方に第2のタイプのキャリアが集中するのを抑制することができる。この結果、ゲート容量がキャリアの集中によって経時的に変動するのを抑制することができ、高耐量な半導体装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0018] [図1]IGBT10の要部断面図を模式的に示す(図4のI-I線に対応した断面図)。
[図2]IGBT10の要部断面図を模式的に示す(図4のII-II線に対応した断面図)。
[図3]IGBT10の要部断面図を模式的に示す(図4のIII-III線に対応した断面図)。
[図4]IGBT10の要部上面図を模式的に示す。

[図5]IGBT10の変形例の要部断面図を模式的に示す。

[図6]IGBT10の変形例の要部断面図を模式的に示す。

[図7]IGBT10の変形例の要部断面図を模式的に示す。

[図8]IGBT10の変形例の要部断面図を模式的に示す。

[図9]IGBT10の変形例の要部断面図を模式的に示す。

[図10]IGBT11の変形例の要部断面図を模式的に示す。

[図11]IGBT12の変形例の要部断面図を模式的に示す。

[図12]IGBT13の変形例の要部断面図を模式的に示す。

[図13]IGBT14の変形例の要部断面図を模式的に示す。

[図14]トレンチゲートの第1の製造方法の工程を示す(1)。

[図15]トレンチゲートの第1の製造方法の工程を示す(2)。

[図16]トレンチゲートの第1の製造方法の工程を示す(3)。

[図17]トレンチゲートの第1の製造方法の工程を示す(4)。

[図18]トレンチゲートの第1の製造方法の工程を示す(5)。

[図19]トレンチゲートの第2の製造方法の工程を示す(1)。

[図20]トレンチゲートの第2の製造方法の工程を示す(2)。

[図21]トレンチゲートの第2の製造方法の工程を示す(3)。

[図22]トレンチゲートの第2の製造方法の工程を示す(4)。

[図23]トレンチゲートの第3の製造方法の工程を示す(1)。

[図24]トレンチゲートの第3の製造方法の工程を示す(2)。

[図25]トレンチゲートの第3の製造方法の工程を示す(3)。

[図26]トレンチゲートの第3の製造方法の工程を示す(4)。

[図27]トレンチゲートの第4の製造方法の工程を示す(1)。

[図28]トレンチゲートの第4の製造方法の工程を示す(2)。

[図29]トレンチゲートの第4の製造方法の工程を示す(3)。

[図30]トレンチゲートの第4の製造方法の変形例の工程を示す(1)。

[図31]トレンチゲートの第4の製造方法の変形例の工程を示す(2)。

[図32]トレンチゲートの第4の製造方法の変形例の工程を示す(3)。

[図33]従来のIGBT100の要部断面図を模式的に示す。

発明を実施するための最良の形態

[0019] 本願明細書で開示される技術の特徴を整理しておく。

(第1特徴) 半導体装置は、トレンチゲートと、そのトレンチゲートの表面に接する突出部を備えている。突出部は、ゲート電位によって電位が変動しない表面を有する。

(第2特徴) 半導体装置は、トレンチゲートと、そのトレンチゲートの表面に接する突出部を備えている。ゲート絶縁膜から突出する方向の突出部の厚みは、ゲート絶縁膜の厚みよりも厚い。

(第3特徴) 半導体装置は、トレンチゲートと、そのトレンチゲートの表面に接する突出部を備えている。突出部は、第1表面とその第1表面に対向する第2表面を有している。第1表面と第2表面は、エミッタ領域とトレンチゲートの下方を結ぶ線上に沿って対向している。

(第4特徴) 半導体装置は、トレンチゲートと、そのトレンチゲートの表面に接する突出部を備えている。突出部は、ゲート絶縁膜の底面の周縁部に設けられている。

実施例

[0020] 以下、図面を参照して各実施例を説明する。なお、各図面において、共通する構成要素に関しては共通の符号を付し、その説明を省略することがある。また、以下で説明する各実施例では、ノンパンチスルー(Non Punch Through)型のIGBTを説明するが、本明細書で開示される技術は、パンチスルー(Punch Through)型のIGBTにも適用可能である。また、以下で説明する各実施例のIGBTには、半導体材料にシリコンが用いられている。しかし、本明細書で開示される技術は、シリコン以外の半導体材料のIGBTにも適用可能である。例えば、半導体材料が窒化ガリウム系、炭化シリコン系、ガリウム砒素系等の化合物半導体のIGBTにも適用可能である。

[0021] 図1～3にIGBT10の要部断面図、図4にIGBT10の要部上面図を模式的に示す。図1は図4のI-I線に対応した断面図であり、図2は図4のII-II線に対応した断面図であり、図3は図4のIII-III線に対応した断面図である。なお、図1～4は、IGBT10の基本構造を示すものであり、実際はこの基本構造が繰り返して設けられ、1つの半導体装置を構成している。

- [0022] 図1に示すように、IGBT10は、シリコン単結晶の半導体基板20を用いて形成されており、 p^+ 型のコレクタ領域22と、コレクタ領域22上に設けられているn型のバッファ領域24と、バッファ領域24上に設けられている n^- 型のドリフト領域26(深部半導体領域の一例)と、ドリフト領域26上に設けられているp型のボディ領域28(中間部半導体領域の一例)を備えている。コレクタ領域22は、図示しないコレクタ電極に電氣的に接続されている。コレクタ領域22とバッファ領域24は、イオン注入技術を利用して、半導体基板20の裏層部に形成される。ボディ領域28も、イオン注入技術を利用して、半導体基板20の表層部に形成される。n型のドリフト領域26及びバッファ領域24は、p型のボディ領域28とコレクタ領域22を隔てている。
- [0023] IGBT10はさらに、ボディ領域28上に選択的に分散配置して設けられている p^+ 型のボディコンタクト領域32と n^+ 型のエミッタ領域34(表面部半導体領域の一例)を備えている。エミッタ領域34は、トレンチゲート40の側面に接している。エミッタ領域34とドリフト領域26は、ボディ領域28によって隔てられている。ボディコンタクト領域32とエミッタ領域34は、図示しないエミッタ電極に電氣的に接続されている。ボディコンタクト領域32とエミッタ領域34は、イオン注入技術を利用して、半導体基板20の表層部に形成される。
- [0024] IGBT10はさらに、トレンチゲート40を備えている。トレンチゲート40は、エミッタ領域34からドリフト領域26に向けて、縦方向(z軸方向)に沿ってボディ領域28内を伸びている。トレンチゲート40は、ボディ領域28を貫通しており、一端がエミッタ領域34に接しており、他端がドリフト領域26内に侵入している。トレンチゲート40は、ゲート絶縁膜44と、そのゲート絶縁膜44で被覆されているゲート電極42を有している。ゲート絶縁膜44には酸化シリコンが用いられており、ゲート電極42には不純物を高濃度を含むポリシリコンが用いられている。
- [0025] 図1に示すように、トレンチゲート40のゲート絶縁膜44は、エミッタ領域34からドリフト領域26に向けて、縦方向(z軸方向)に伸びているとともに横方向(x軸方向)に沿って相互に対向している一対の側壁44Aと、一方の側壁44Aから他方の側壁44Aまで横方向(x軸方向)に伸びている底壁44Bを有している。側壁44Aの側面44aは、エミッタ領域34とボディ領域28とドリフト領域26に接している。底壁44Bの底面44b

は、ドリフト領域26に接している。図4に示すように、トレンチゲート40を平面視すると、トレンチゲート40はy軸方向に長く伸びている。

[0026] 図1に示すように、IGBT10はさらに、トレンチゲート40の底壁44Bからドリフト領域26内を下方に向けて突出する2つの突出部46を備えている。右側の突出部46Rは、ゲート絶縁膜44の底壁44Bの右側周縁部に接して設けられている。左側の突出部46Lは、ゲート絶縁膜44の底壁44Bの左側周縁部に接して設けられている。図3に示すように、突出部46は、トレンチゲート40の長手方向(y軸方向)に沿って延びており、その長手方向(y軸方向)に沿ってゲート絶縁膜44の底壁44Bに接している。突出部46には、酸化シリコンが用いられている。

[0027] 図1に示すように、突出部46は、第1表面46aと、その第1表面46aに対向する第2表面46bを有している。第1表面46aと第2表面46bはいずれも、エミッタ領域34とトレンチゲート40の下方を結ぶ線上に設けられており、エミッタ領域34とトレンチゲート40の下方を結ぶ線上に沿って対向するように設けられている。また、第1表面46aと第2表面46bはいずれも、ドリフト領域26に接している。第1表面46aは、ゲート絶縁膜44の底面44bと非平行であり、非連続的に接している。第2表面46bは、ゲート絶縁膜44の側面44aと平行であり、連続的に接している。ゲート絶縁膜44の底壁44Bから突出する方向(z軸方向)の突出部46の厚み46Tは、ゲート絶縁膜44の底壁44Bの厚み44Tよりも厚い。

[0028] 次に、IGBT10の特徴を説明する。IGBT10は、突出部46を備えていることを特徴としている。さらに、突出部46の第1表面46aと第2表面46bがいずれも、ドリフト領域26に接していることを特徴としている。第1表面46aと第2表面46bがいずれもドリフト領域26に接しているので、第1表面46aと第2表面46bの間には電位差が生じない。このため、突出部46の第1表面46aと第2表面46bには反転層が形成されない。したがって、エミッタ領域34から供給された電子は、この突出部46を超えてトレンチゲート40の下方に移動することができない。この結果、トレンチゲート40の下方に移動する電子量が減少し、その電子に引き寄せられてトレンチゲート40の下方に移動する正孔量も減少する。

[0029] 前記した課題で説明したように、トレンチゲート40の下方に正孔が集中すると、ゲー

ト容量が経時的に変動し、サージ電圧を引き起こす原因となってしまう。IGBT10では、突出部46が設けられていることによって、電子がトレンチゲート40の下方に移動するのを物理的に抑制することができ、これにより、トレンチゲート40の下方に正孔が集中するのを抑制することができる。この結果、ゲート容量が経時的に変動することが抑制され、高耐量なIGBT10を得ることができる。

[0030] また、IGBT10は、次の特徴も有する。前記したように、IGBT10のボディ領域28は、イオン注入技術を利用して形成される。図5に示すように、ボディ領域28を熱拡散したときに、ボディ領域28がトレンチゲート40の深さを超えて深い位置まで拡散してしまうことがある。この場合、図5に示すように、突出部46は、ボディ領域28がトレンチゲート40の下方にまで拡散することを防止することができる。このため、ボディ領域28がトレンチゲート40の深さを超えて深い位置まで拡散したとしても、隣接する突出部46の間のトレンチゲート40の下方には、ドリフト領域26が存在している。これにより、ボディ領域28がトレンチゲート40の深さを超えて深い位置まで拡散したとしても、ボディ領域28とドリフト領域26が突出部46を挟んで対向することになる。この場合、IGBT10がオンしているときに、ドリフト領域26とボディ領域28の間に電位差が生じるので、突出部46の第2表面46bの一部46cには第2の反転層が形成される。このため、エミッタ領域34から供給された電子は、その第2の反転層を通過してドリフト領域26まで移動することができる。したがって、IGBT10では、イオン注入技術を利用してボディ領域28を形成したときに、ボディ領域28がトレンチゲート40の深さを超えて深い位置まで拡散したとしても、オンとオフを切替えることに支障がない。IGBT10は、イオン注入に係る製造公差を緩和する形態を備えていると評価することができる。IGBT10は、製造し易い特徴を有する。

なお、前記したように、突出部46の一部はドリフト領域26内に存在しているので、その部分には第2の反転層が形成されない。このため、電子が突出部46を超えてトレンチゲート40の下方にまで移動することはない。即ち、IGBT10の突出部46は、電子がトレンチゲート40の下方に移動するのを物理的に抑制する効果に加えて、IGBT10の製造を容易にするという効果をも有する。

[0031] 以下、IGBT10の複数の変形例を説明する。

図6に示す変形例のIGBT10は、ドリフト領域26とボディ領域28の間にn型の正孔蓄積層27が設けられていることを特徴としている。正孔蓄積層27は、正孔に対してエネルギー障壁を形成し、ドリフト領域26からボディ領域28への正孔の移動を妨げる。これにより、ドリフト領域26内の正孔濃度を高くすることができる。このため、ドリフト領域26の抵抗値が低下し、オン電圧を低くすることができる。

[0032] 図7に示す変形例のIGBT10は、ボディ領域28内にn型の正孔蓄積層29が設けられていることを特徴としている。正孔蓄積層29は、正孔に対するエネルギー障壁を形成し、ボディ領域28内の正孔濃度を高くすることができる。このため、ボディ領域28の抵抗値が低下し、オン電圧を低くすることができる。

[0033] 図8に示す変形例のIGBT10は、隣接する突出部46の間にp型のフローティング半導体領域(底壁半導体領域の一例)52が設けられていることを特徴としている。フローティング半導体領域52は、ゲート絶縁膜44の底壁44Bに接している。フローティング半導体領域52は、ボディ領域28から電氣的に絶縁されており、その電位はドリフト領域26の電位に応じて変動する。フローティング半導体領域52がトレンチゲート40の下方に設けられていると、ゲート容量が小さくなり、スイッチングを高速化することができる。

なお、p型のフローティング半導体領域52に代えて、i型の半導体領域を設けてもよい。

[0034] 図9に示す変形例のIGBT10は、隣接する突出部46の間にp型のフローティング半導体領域52とn型のフローティング半導体領域54とp型の第2フローティング半導体領域56の積層が設けられていることを特徴としている。この作用効果も、図8に示す例と同様であり、ゲート容量が小さくなり、スイッチングを高速化することができる。

[0035] 以下、突出部の形態が異なる複数の変形例を説明する。

図10に、IGBT11の要部断面図を模式的に示す。IGBT11は、突出部146がドリフト領域26を貫通してバッファ領域24にまで達していることを特徴としている。IGBT11によると、エミッタ領域34から供給された電子がトレンチゲート40の下方に移動するのを完全に防止することができる。したがって、コレクタ領域22から供給された正孔がトレンチゲート40の下方に集中する現象も顕著に抑制される。

なお、IGBT11では、平面視したときに、隣接する突出部146の間において、コレクタ領域22を形成しない形態を採用するのが好ましい。これにより、隣接する突出部146の間のドリフト領域26に正孔が供給されないので、トレンチゲート40の下方に正孔が集中する現象をさらに抑制することができる。

[0036] 図11に、IGBT12の要部断面図を模式的に示す。IGBT12は、4つの突出部246がゲート絶縁膜44の底壁44Bに接して設けられていることを特徴としている。図12に示すように、トレンチゲート40の底面に設ける突出部246の個数は特に制限されるものではない。また、この形態は、後述する第2の製造方法によって作製され得るものである。

[0037] 図12に、IGBT13の要部断面図を模式的に示す。IGBT13は、2つの突出部346がゲート絶縁膜44の側壁44Aに接して設けられていることを特徴としている。この例でも、突出部346の第1表面346aと第2表面346bのいずれもが、エミッタ領域34とトレンチゲート40の下方を結ぶ線上に設けられている。さらに、突出部346の第1表面346aと第2表面346bのいずれもが、ドリフト領域26に接している。したがって、エミッタ領域34から供給された電子は、この突出部346を超えてトレンチゲート40の下方にまで移動することが物理的に抑制される。

[0038] 図13に、IGBT14の要部断面図を模式的に示す。IGBT14では、突出部446の一端が、ボディ領域28内のゲート絶縁膜44の側壁44Aに接して設けられていることを特徴としている。さらに、突出部446は、その先端がドリフト領域26内に侵入していることを特徴としている。この例でも、突出部446の第1表面446aと第2表面446bのいずれもが、エミッタ領域34とトレンチゲート40の下方を結ぶ線上に設けられている。さらに、突出部446の第1表面446aと第2表面446bの一部が、ドリフト領域26に接している。したがって、エミッタ領域34から供給された電子は、この突出部446を超えてトレンチゲート40の下方にまで移動することが物理的に抑制されている。

また、突出部446の第2表面446bの一部446cは、ドリフト領域26に対向している。したがって、IGBT14がオンしているときに、ドリフト領域26とボディ領域28の間に電位差が生じるので、突出部446の第2表面446bの一部446cには第2の反転層が形成される。このため、エミッタ領域34から供給された電子は、その第2の反転層を通

過してドリフト領域26まで移動することができる。

[0039] 以下、上記したIGBTのトレンチゲートを製造するいくつかの方法を説明する。以下に説明する製造方法は、本明細書で初めて開示された新規なトレンチゲートの製造方法に好適に用いられる工程のみを説明する。IGBTを製造するために要する他の工程は、従来既知の技術を利用することができる。

[0040] (トレンチゲートの第1製造方法)

以下、図14～18を参照して、上記したトレンチゲート40の第1の製造方法を説明する。

まず、図14に示すように、 n^- 型の半導体基板20を準備する。

[0041] 次に、図15に示すように、半導体基板20の表面にマスク62をパターニングする。マスク62の材料にはCVD酸化膜が用いられる。マスク62の開口は、半導体基板20のトレンチ形成領域40Aの周縁に沿った位置の少なくとも一部に形成される。好ましくは、マスク62の開口は、半導体基板20のトレンチ形成領域40Aの周縁に沿って一巡して形成される。次に、ドライエッチング技術を利用して、マスク62の開口から露出する半導体基板20の表面をエッチングし、半導体基板20内に伸びる第1トレンチ71を形成する。このドライエッチングは、エッチングガスにHBrガスが用いられる。第1トレンチ71を形成した後に、マスク62は除去される。

[0042] 次に、図16に示すように、熱酸化技術を利用して、第1トレンチ71を熱酸化膜63で充填する。

[0043] 次に、図17に示すように、熱酸化膜63の表面にマスク64をパターニングする。マスク64の開口は、トレンチ形成領域40Aのうちの第1トレンチ71が形成されていない位置に対応して形成される。次に、ドライエッチング技術を利用して、マスク64の開口から露出する熱酸化膜63とその熱酸化膜63の下方の半導体基板20をエッチングし、半導体基板20内に伸びる第2トレンチ72を形成する。このドライエッチングは、エッチングガスに CF_4 、HBrガスが用いられる。第2トレンチ72の深さは、第1トレンチ71の深さよりも浅い。

[0044] 次に、熱酸化膜63とマスク64を除去すると、図18に示すトレンチ73が形成される。上記製造方法によると、第1トレンチ71が第2トレンチ72よりも深く形成される。このた

め、第2トレンチ72から突出する第1トレンチ71は、トレンチ73の底面の周縁部から突出する突出トレンチ73aとなる。この後に、熱酸化技術を利用して、突出トレンチ73aに熱酸化膜を充填すると、本明細書で開示される突出部が得られる。さらに、既知の熱酸化技術及びCVD (Chemical Vapor Deposition) 技術を利用して、ゲート絶縁膜とゲート電極を形成し、トレンチゲートを完成させることができる。

[0045] (トレンチゲートの第2の製造方法)

以下、図19～22を参照して、トレンチゲート40の第2の製造方法を説明する。

まず、図19に示すように、半導体基板20の表面にマスク65をパターニングする。マスク65の材料にはCVD酸化膜が用いられる。マスク65の開口は、半導体基板20のトレンチ形成領域40Aに複数個が設けられるように形成される。

[0046] 次に、図20に示すように、ドライエッチング技術を利用して、マスク65の開口から露出する半導体基板20の表面から半導体基板20内に伸びる複数のトレンチ74を形成する。このドライエッチングは、エッチングガスにHBrガスが用いられる。このため、複数のトレンチ74の側面は、(100)面である。

[0047] 次に、図21に示すように、複数のトレンチ74内にエッチング液を供給し、トレンチ74の底面から下方に向けて突出する突出トレンチ75aを形成する。エッチング液には、KOH水溶液が用いられる。したがって、突出トレンチ75aの側面は、(111)面である。このウェットエッチングでは、トレンチ74とトレンチ74の間の壁も同時に除去され、1つのトレンチ75が形成される。

[0048] 次に、図22に示すように、熱酸化技術を利用して、トレンチ75の内壁に熱酸化膜44(後にゲート絶縁膜44になる)を形成する。この熱酸化では、トレンチ75の底面の突出トレンチ75aがほぼ熱酸化膜44で充填される。これらの工程を得て、本明細書で開示される突出部が得られる。

[0049] (トレンチゲートの第3の製造方法)

以下、図23～26を参照して、トレンチゲート40の第3の製造方法を説明する。

まず、図23に示すように、半導体基板20の表面にマスク66をパターニングする。マスク66の開口は、半導体基板20のトレンチ形成領域40Aに対応して形成される。次に、ドライエッチング技術を利用して、マスク66の開口から露出する半導体基板20の

表面をエッチングし、トレンチ76を形成する。このドライエッチングは、エッチングガスにHBrガスが用いられる。このドライエッチングでは、ドライエッチングによって生成される半導体基板20とエッチングガス(HBr)が結合した揮発性物質(SiBr_4)がトレンチ76の底面に堆積しない条件で行われる。なお、図示82に示すように、揮発性物質(SiBr_4)の一部は、トレンチ76の側面に堆積することがある。

[0050] 次に、ドライエッチングの条件を変更する。このドライエッチングでは、ドライエッチングによって生成される半導体基板20とエッチングガス(HBr)が結合した揮発性物質(SiBr_4)がトレンチ76の底面に堆積する条件で行われる。具体的には、エッチングレートが遅くなる条件で実施するのが良い。例えば、通常のエッチングレート($4000 \text{ \AA} / \text{min}$)の約 $1/2$ の速度で実施するのが良い。図25に示すように、トレンチ75の底面に揮発性物質(SiBr_4)が堆積すると、トレンチ76の底面の中心側に多く堆積する(図示84参照)。このため、この条件でドライエッチングを実施し続けると、トレンチ76の底面において、周縁側のエッチングが中心側のエッチングよりも早く進行する。この結果、トレンチ76の底面の周縁側に突出トレンチ76aが形成される。

[0051] 次に、図26に示すように、堆積した揮発性物質(SiBr_4)を除去すると、底面の周縁に突出トレンチ76aを有するトレンチ76が得られる。この後に、熱酸化技術を利用して、突出トレンチ76aに熱酸化膜を充填することによって、本明細書で開示される突出部が得られる。

[0052] (トレンチゲートの第4の製造方法)

以下、図27～29を参照して、トレンチゲート40の第4の製造方法を説明する。

まず、図27に示すように、半導体基板20の表面にマスク67をパターンニングする。マスク67の材料には、CVD酸化膜が用いられる。マスク67の開口は、半導体基板20のトレンチ形成領域40Aに対応して形成される。さらに、図27に示すように、マスク67の一部67a(以下、犠牲マスクという)が、半導体基板20のトレンチ形成領域40Aの表面にも形成される。犠牲マスク67aの幅67Wは、極めて小さい。なお、この例では、犠牲マスク67aがマスク67の一部として形成されている。この例に代えて、犠牲マスク67aをマスク67とは異なる材料で形成してもよい。

[0053] 次に、図28に示すように、ドライエッチング技術を利用して、マスク67の開口から露

出する半導体基板20の表面をエッチングし、初期トレンチ77eを形成する。このドライエッチングは、エッチングガスにHBrガスが用いられる。犠牲マスク67aのエッチングレートは遅いものの、ドライエッチングによって犠牲マスク67aも少しずつエッチングされる。犠牲マスク67aのエッチング選択比にもよるが、犠牲マスク67aの幅67Wは、初期トレンチ77eが最終的なトレンチの深さに達するよりも先に消失するように調整されている。具体的には、初期トレンチ77eが最終的なトレンチの深さに達するまでの犠牲マスク67aの膜減り量を「X」とすると、犠牲マスク67aの幅67Wは、「2X」よりも小さく調整されている。ここで、膜減り量「X」は、犠牲マスク67aの一方の側面から削れる長さである。したがって、犠牲マスク67aの幅67Wが「2X」よりも小さく調整されていると、初期トレンチ77eが最終的なトレンチの深さに達するまでに犠牲マスク67aが消失する。犠牲マスク67aをトレンチ形成領域40Aの表面に形成することによって、トレンチ形成領域40Aにおけるエッチングの進行度に差を設けることができる。

[0054] ドライエッチングは、犠牲マスク67aが消失した後も続けられる。これにより、図29に示すように、初期トレンチ77eと初期トレンチ77eの間の壁もエッチングされ、底面に突出トレンチ77aを有するトレンチ77が形成される。この後に、熱酸化技術を利用して、突出部トレンチ77aに熱酸化膜を充填することによって、本明細書で開示される突出部が得られる。

[0055] (トレンチゲートの第4の製造方法の変形例)

図30に示すように、半導体基板20のトレンチゲート形成領域40Aの表面に複数の犠牲マスク68aを形成してもよい。この場合も、図31に示すように、犠牲マスク68aの幅68Wが極めて小さいので、ドライエッチングを実施すると、初期トレンチ78e、79eがある程度の深さに達したときに犠牲マスク68aが消失する。犠牲マスク68aが消失した後もドライエッチングを継続すると、図32に示すように、底面に突出トレンチ78aを有するトレンチ78が形成される。この後に、熱酸化技術を利用して、突出部トレンチ78aに熱酸化膜を充填することによって、本明細書で開示される突出部が得られる。

[0056] このように、複数の犠牲マスク68aを分散して配置することによって、幅広なトレンチ78を形成することができる。

また、この例では、犠牲マスク68aと犠牲マスク68aの間の距離が狭いので、その間に形成される初期トレンチ79eの深さが浅い。このため、その後のドライエッチングによって、初期トレンチ79eの形態が最終的なトレンチ78において消失している。しかし、犠牲マスク68aと犠牲マスク68aの間の距離を長くすると、初期トレンチ79eも深く形成され、初期トレンチ79eの形態が最終的なトレンチ78の底面に現れる。この場合、最終的なトレンチ78の底面に3つ以上の突出トレンチが形成される。このような形態が必要とされる場合には、犠牲マスク68aのパターニングを工夫することによって対応することが可能である。

[0057] 以上、本発明の具体例を詳細に説明したが、これらは例示に過ぎず、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様々に変形、変更したものが含まれる。

また、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合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合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し得るものであり、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

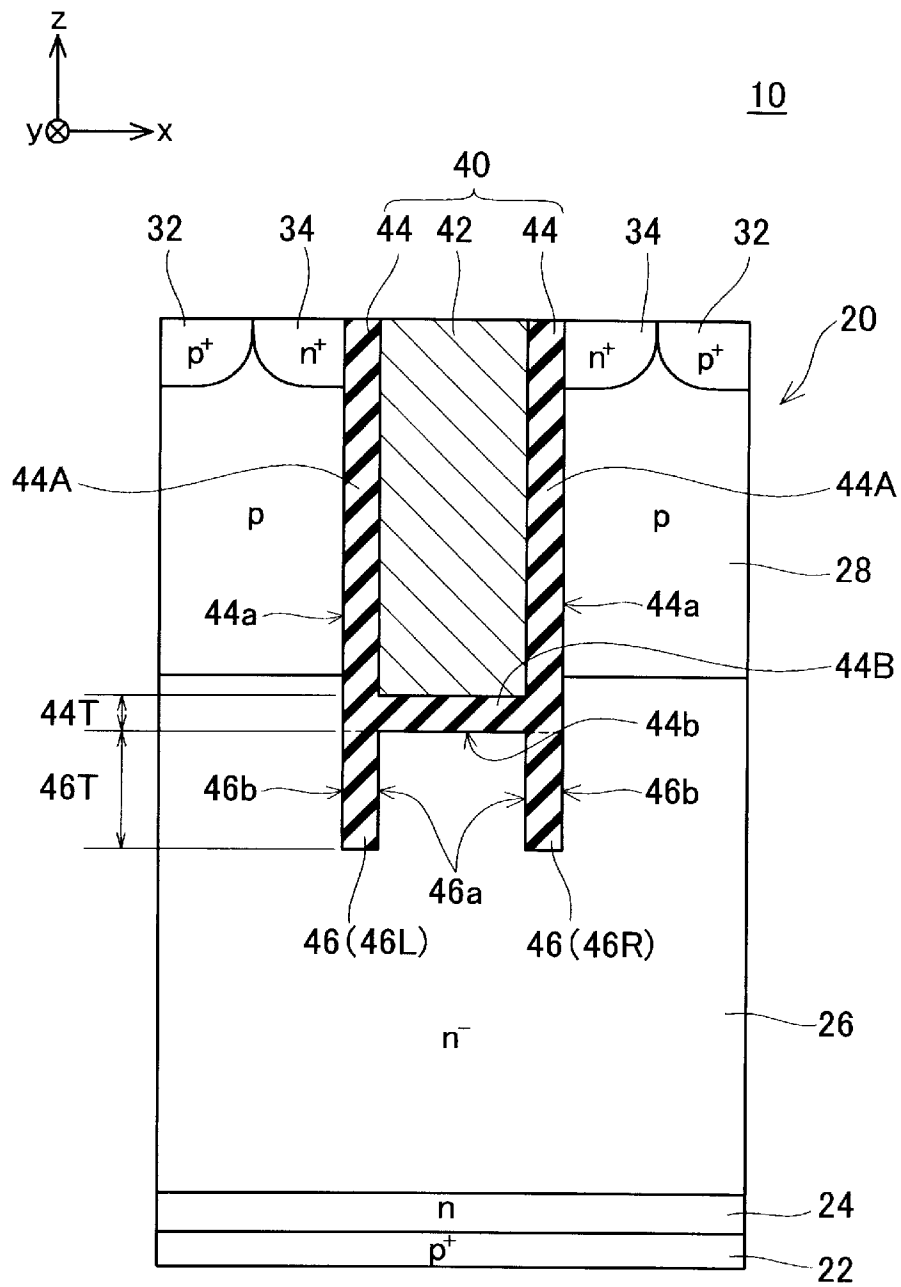
- [1] 第1導電型の表面部半導体領域と、
第1導電型の深部半導体領域と、
表面部半導体領域と深部半導体領域の間に設けられている第2導電型の間部半導体領域と、
表面部半導体領域から深部半導体領域に向けて中間部半導体領域内を伸びており、ゲート絶縁膜とそのゲート絶縁膜で被覆されているゲート電極を有するトレンチゲートと、
トレンチゲートの表面に接している絶縁体の突出部と、を備えており、
前記突出部の少なくとも一部が深部半導体領域内に突出している半導体装置。
- [2] 前記トレンチゲートのゲート絶縁膜は、表面部半導体領域から深部半導体領域に向けて伸びているとともに相互に対向している一对の側壁と、一方の前記側壁から他方の前記側壁まで伸びている底壁を有しており、
前記突出部は、前記ゲート絶縁膜の底壁に接している請求項1に記載の半導体装置。
- [3] 複数の突出部が前記ゲート絶縁膜の底壁に接している請求項2に記載の半導体装置。
- [4] 前記ゲート絶縁膜の底壁に接している突出部と突出部の間に設けられている第2導電型の底壁半導体領域をさらに備えており、
その底壁半導体領域がフローティングであることを特徴とする請求項3に記載の半導体装置。
- [5] トレンチゲートを製造する方法であって、
半導体基板のトレンチゲート形成領域の表面の一部からドライエッチングによって第1の深さを有する第1トレンチを形成する第1工程と、
前記半導体基板の前記トレンチゲート形成領域の表面の残部からドライエッチングによって第2の深さを有する第2トレンチを形成する第2工程と、を備えており、
前記第1の深さは前記第2の深さよりも深いトレンチゲートの製造方法。
- [6] 前記第1工程では、前記トレンチゲート形成領域の周縁に沿った位置の少なくとも

一部に前記第1トレンチを形成する請求項5のトレンチゲートの製造方法。

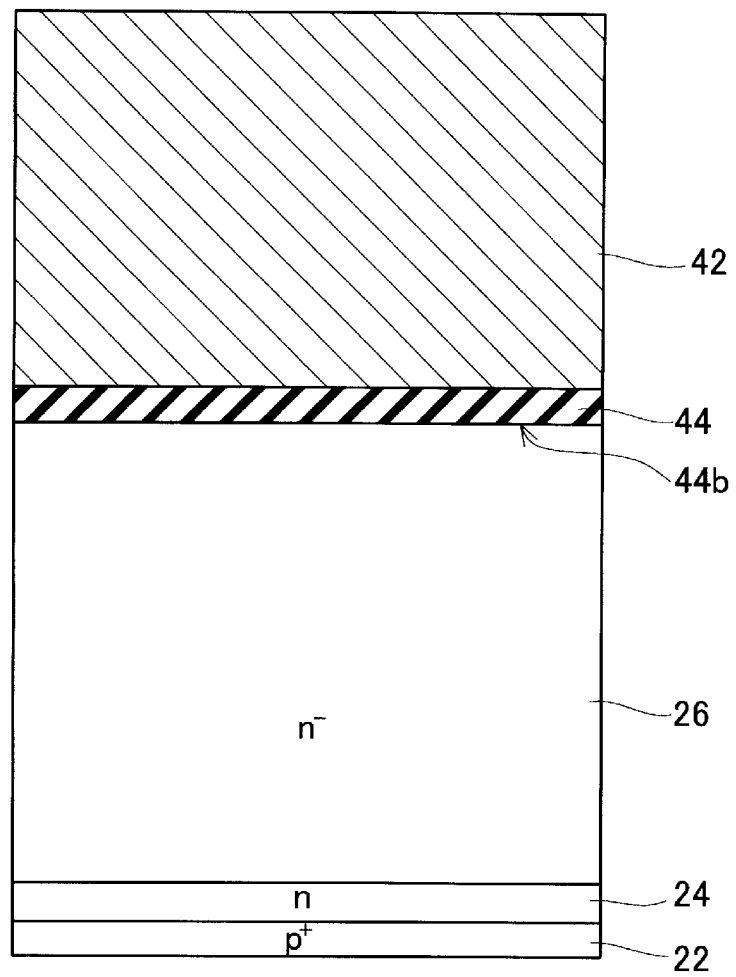
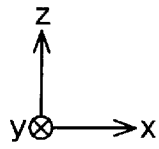
- [7] トレンチゲートを製造する方法であって、
半導体基板のトレンチゲート形成領域の表面の一部からドライエッチングによって複数のトレンチを形成する第1工程と、
前記複数のトレンチ内にエッチング液を供給し、トレンチの底面から下方に向けて突出する突出トレンチをウェットエッチングによって形成する第2工程と、を備えており、
前記第1工程で形成されるトレンチの側面は第1面方位を有しており、
前記第2工程で形成される突出トレンチの側面は第2面方位を有しており、
第1側面と第2側面は、非平行であるトレンチゲートの製造方法。
- [8] 前記半導体基板はシリコン基板であり、
前記第1面方位は(100)面であり、
前記第2面方位は(111)面である請求項7に記載のトレンチゲートの製造方法。
- [9] トレンチゲートを製造する方法であって、
半導体基板のトレンチゲート形成領域の表面からドライエッチングによってトレンチを形成する第1工程と、
ドライエッチングによって生成される前記半導体基板とエッチングガスが結合した揮発性物質が前記トレンチの底面に堆積する条件のドライエッチングによって、前記トレンチを更に深く形成する第2工程と、を備えているトレンチゲートの製造方法。
- [10] トレンチゲートを製造する方法であって、
半導体基板のトレンチゲート形成領域の表面の一部にマスクを形成する第1工程と、
半導体基板のトレンチゲート形成領域の表面からドライエッチングによってトレンチを形成する第2工程と、を備えており、
前記第2工程では、トレンチゲート形成領域の表面のマスクが消失した後もドライエッチングを継続するトレンチゲートの製造方法。
- [11] 前記第1工程では、トレンチゲート形成領域の表面に複数のマスクを分散して形成する請求項10に記載のトレンチゲートの製造方法。

- [12] 請求項5～11のいずれか一項に記載のトレンチゲートの製造方法を備えた半導体装置の製造方法。

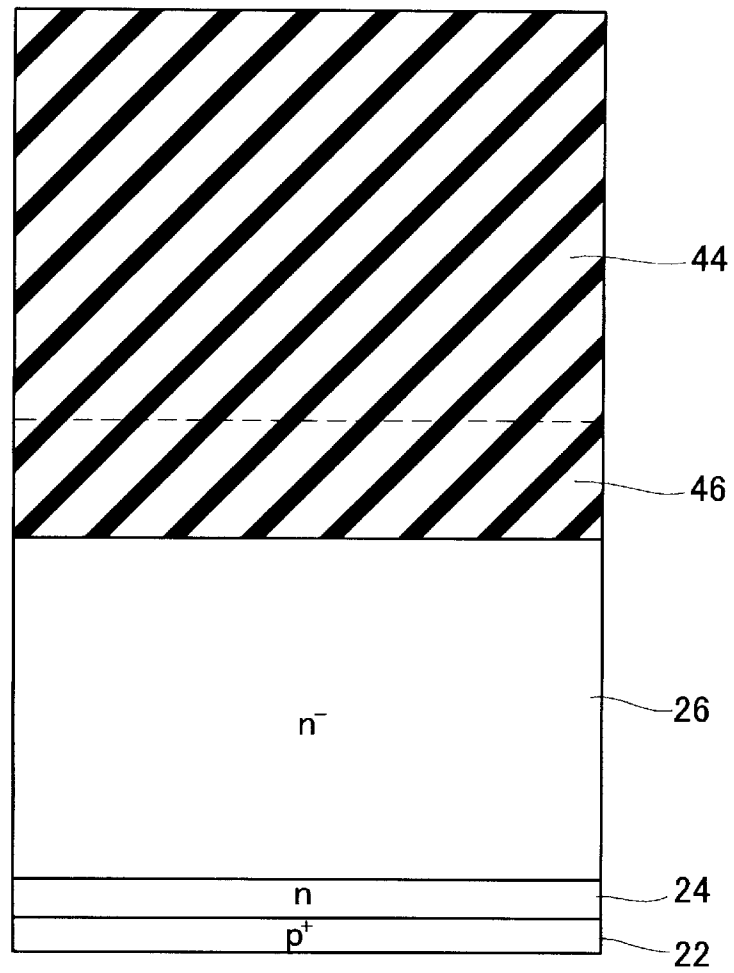
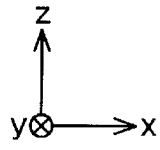
[図1]

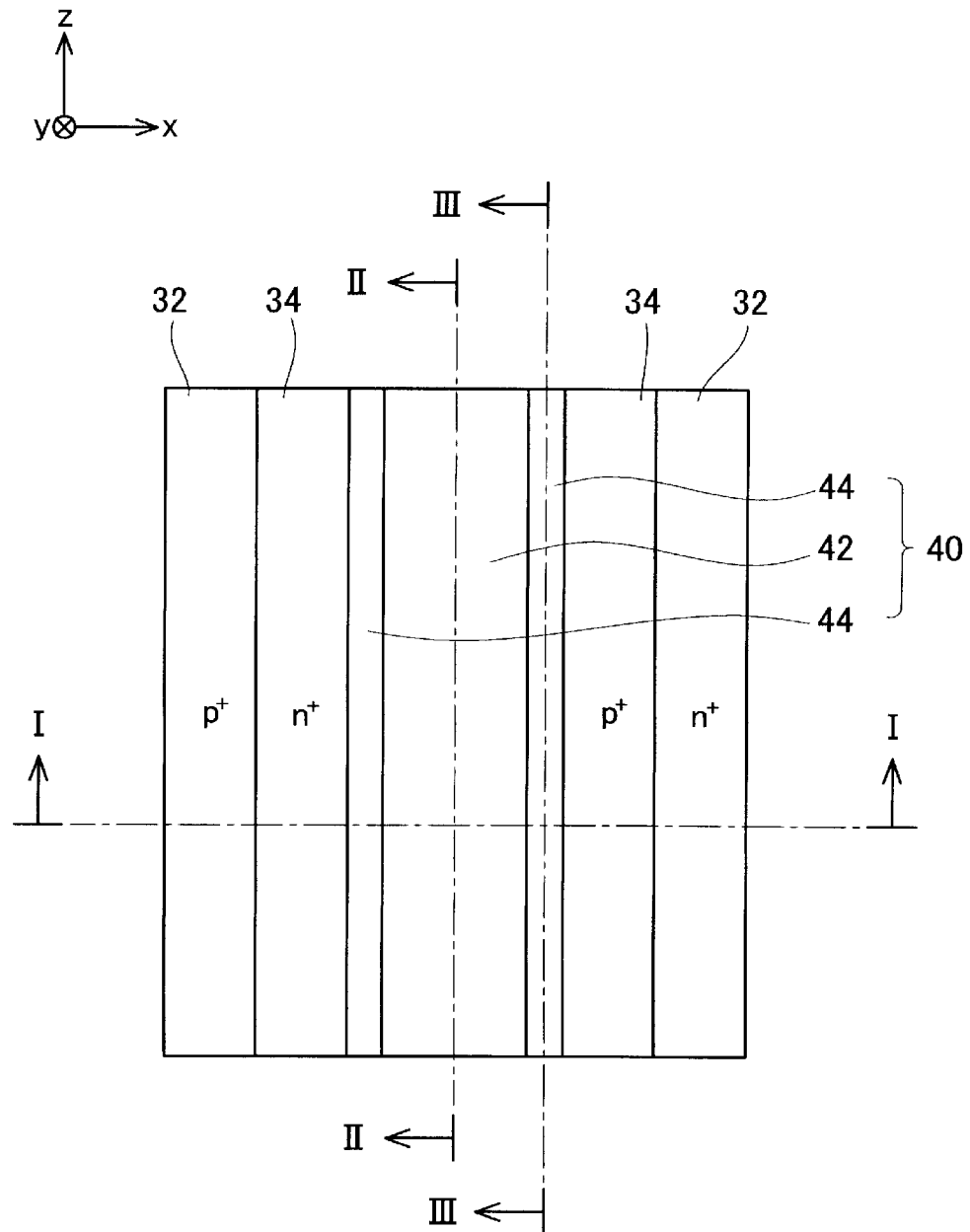


[図2]

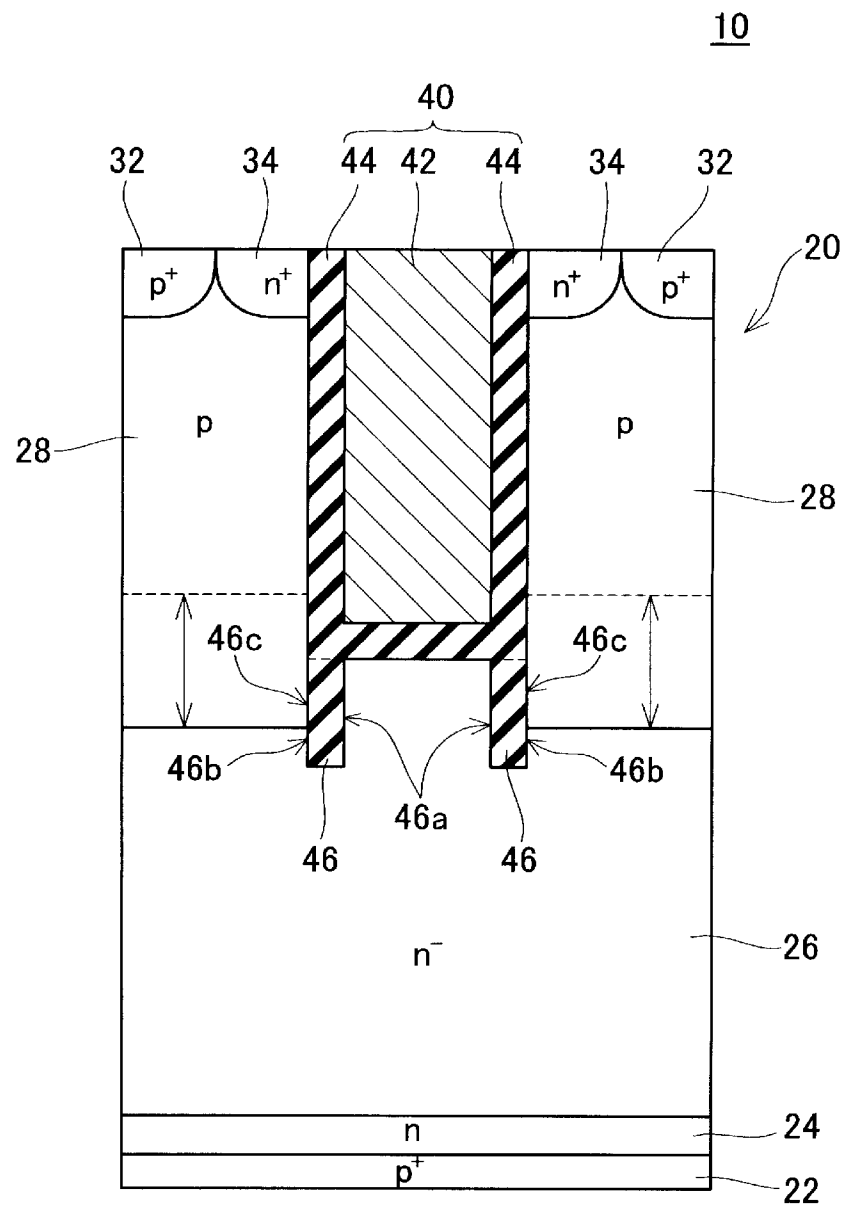


[[図3]]

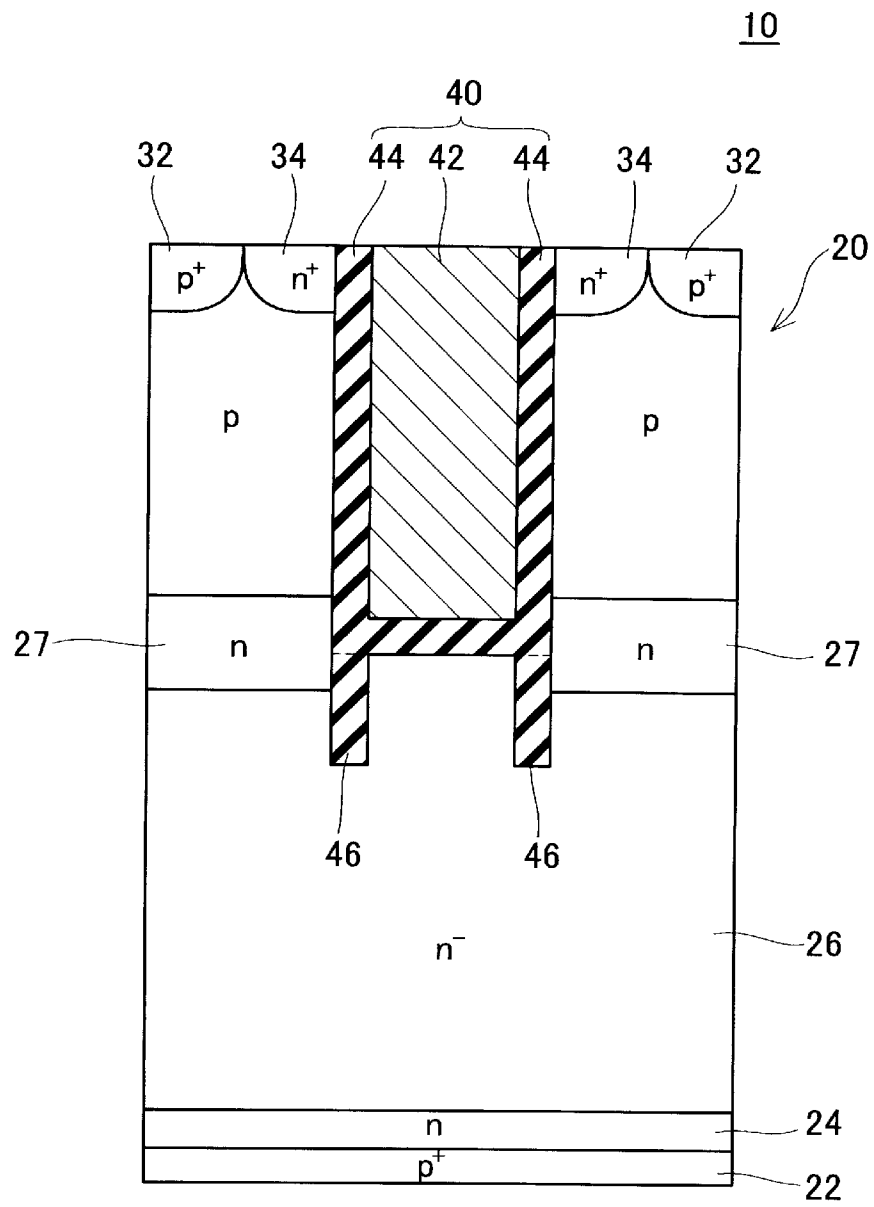




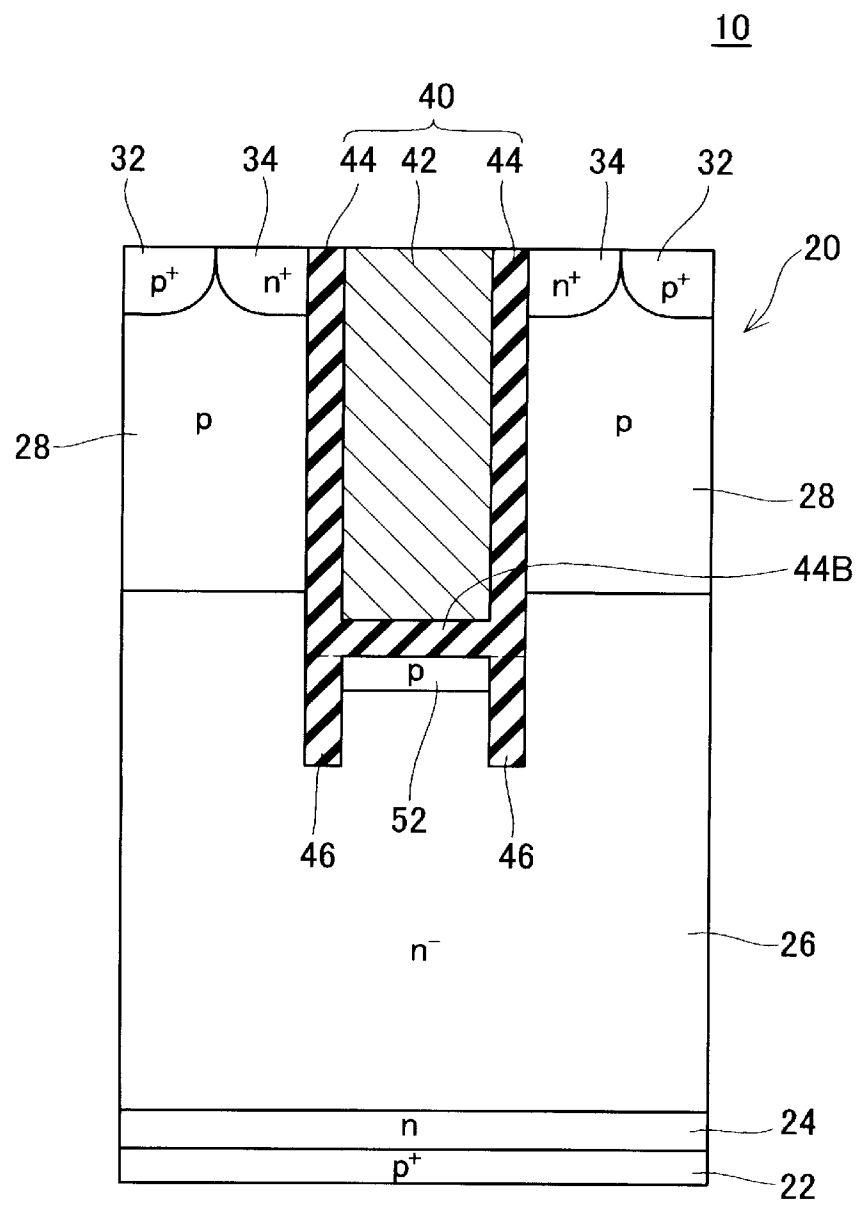
[図5]



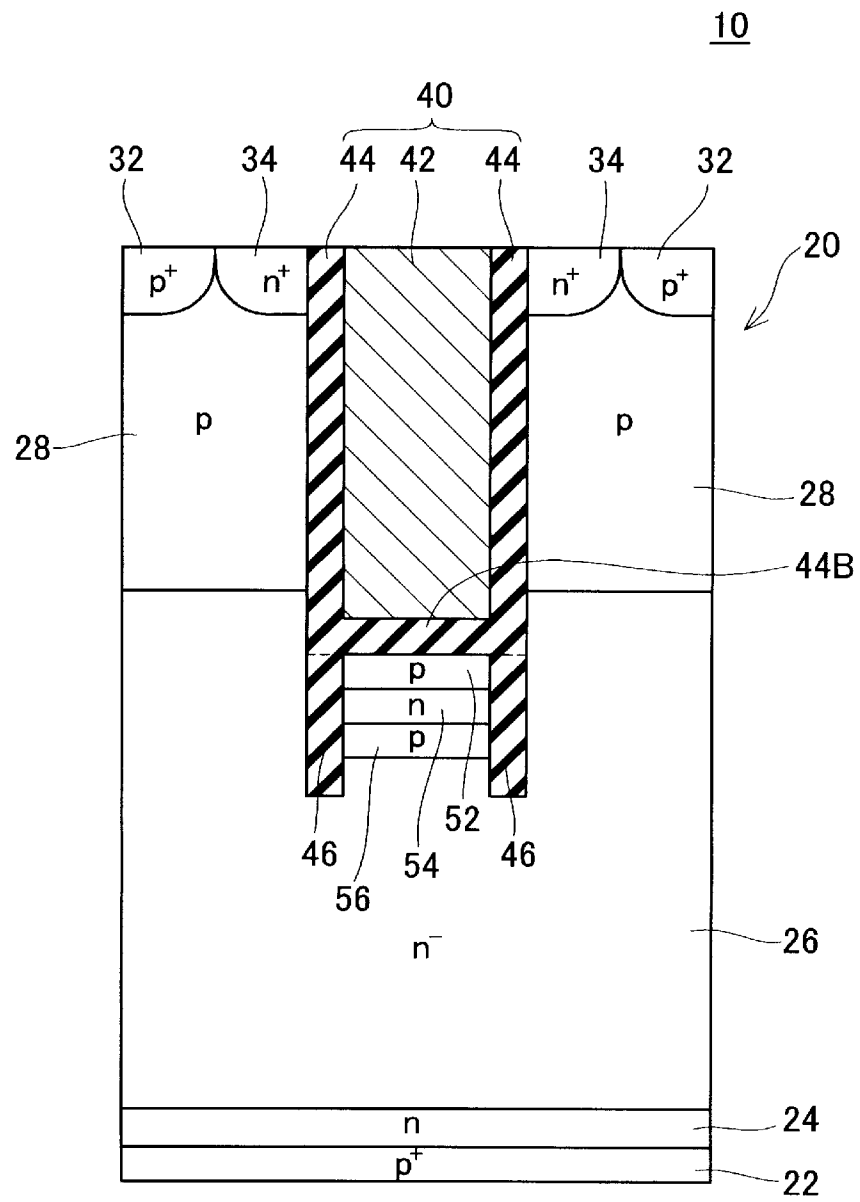
[図6]



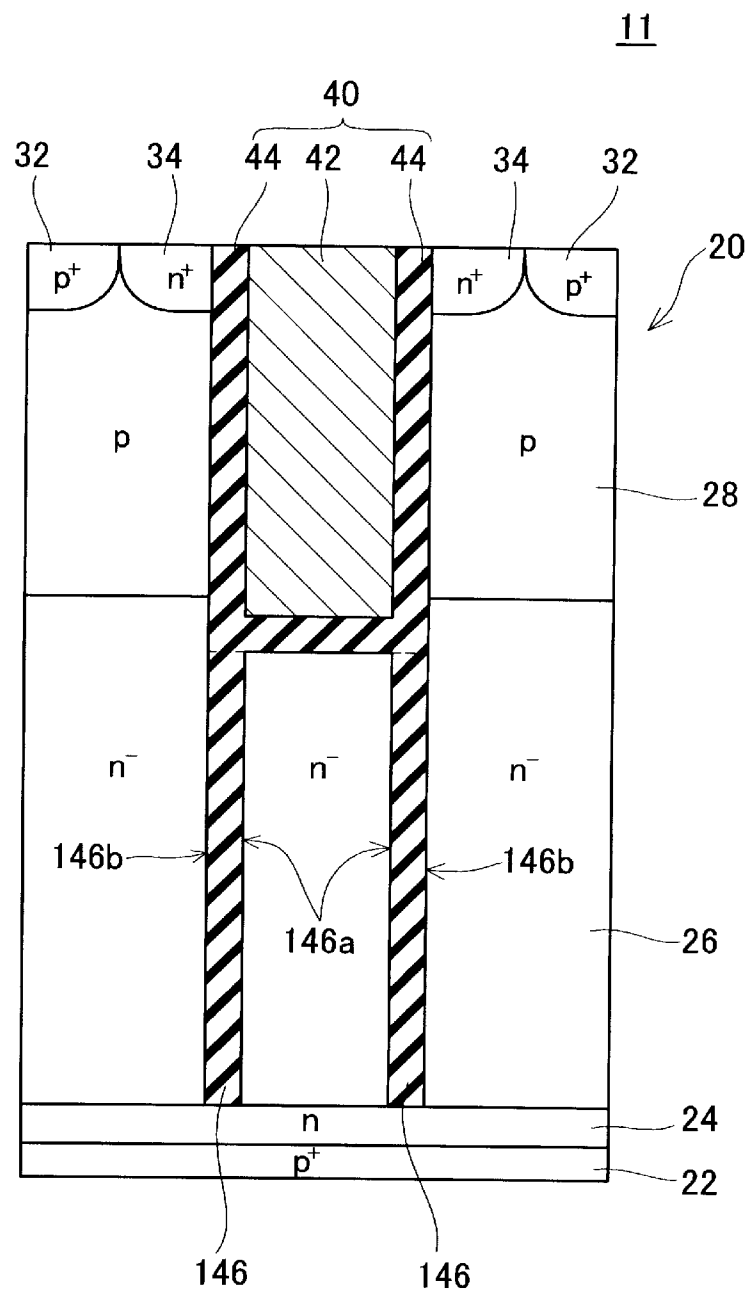
[図8]



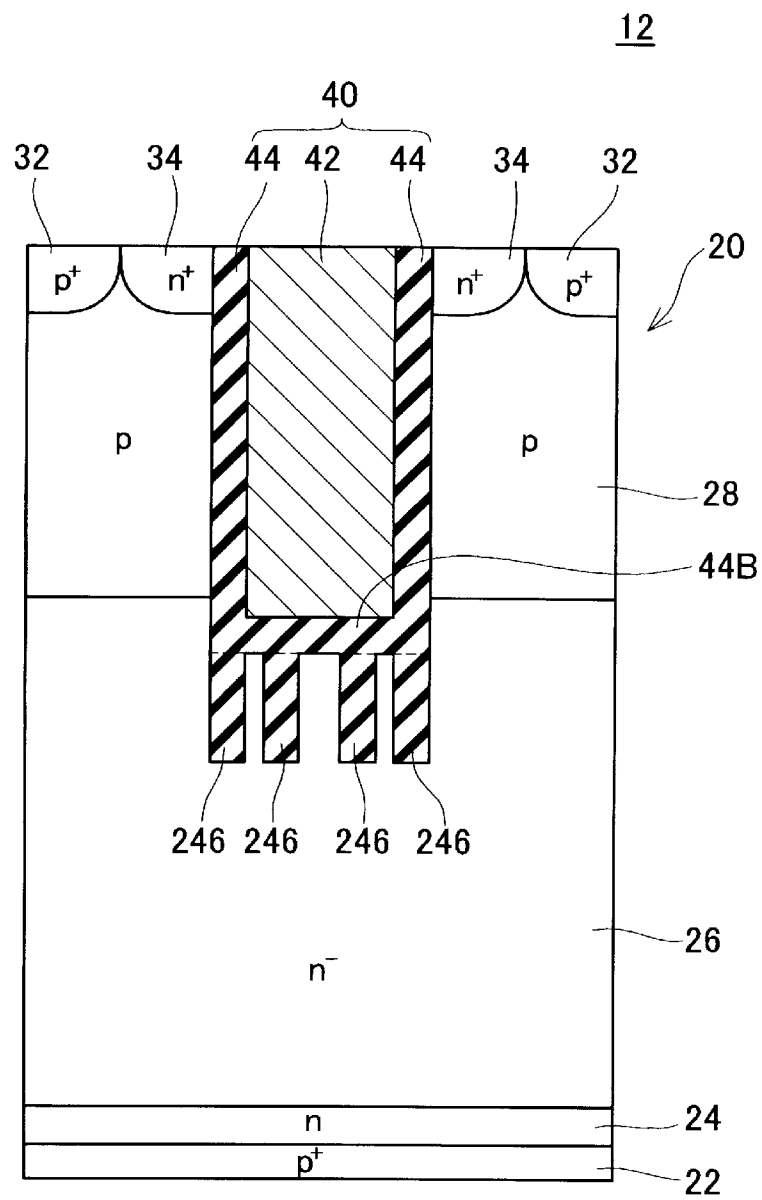
[図9]



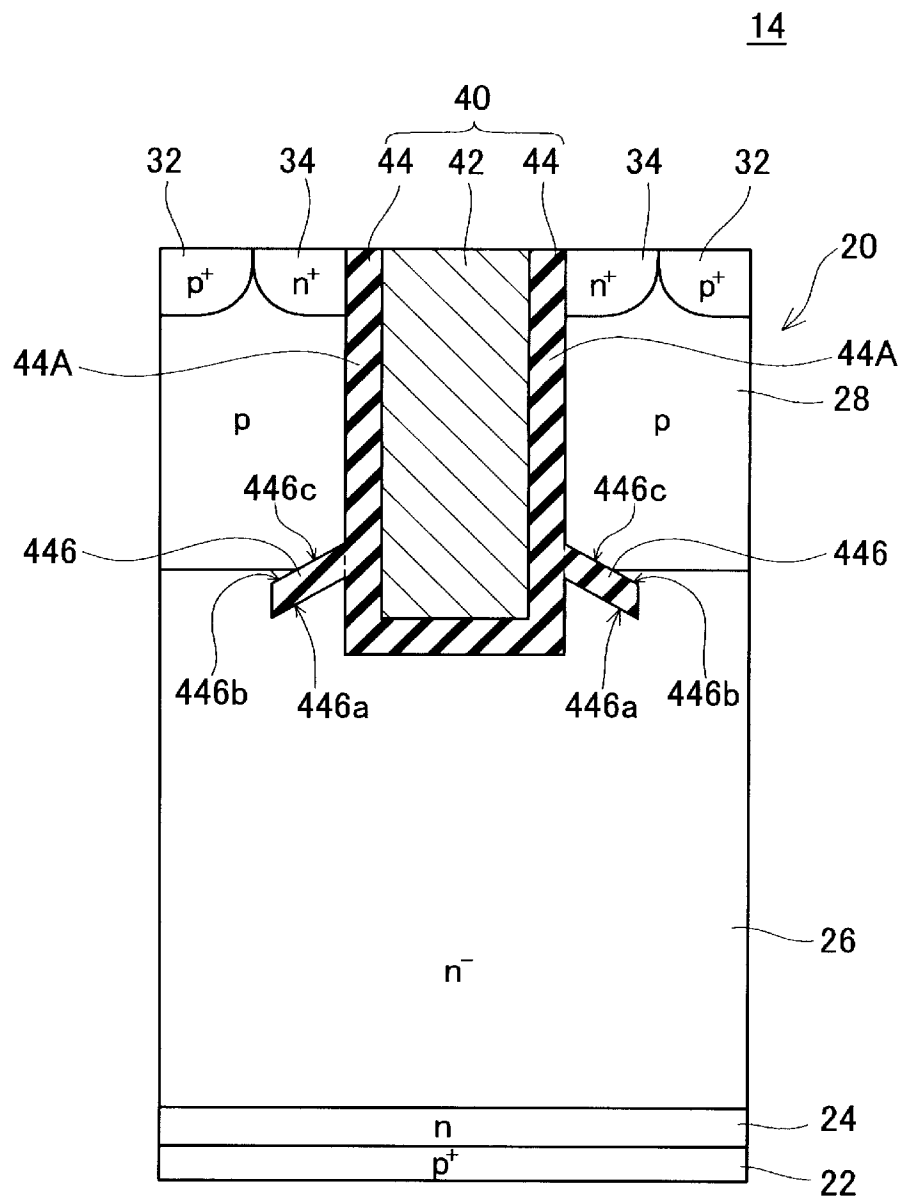
[図10]



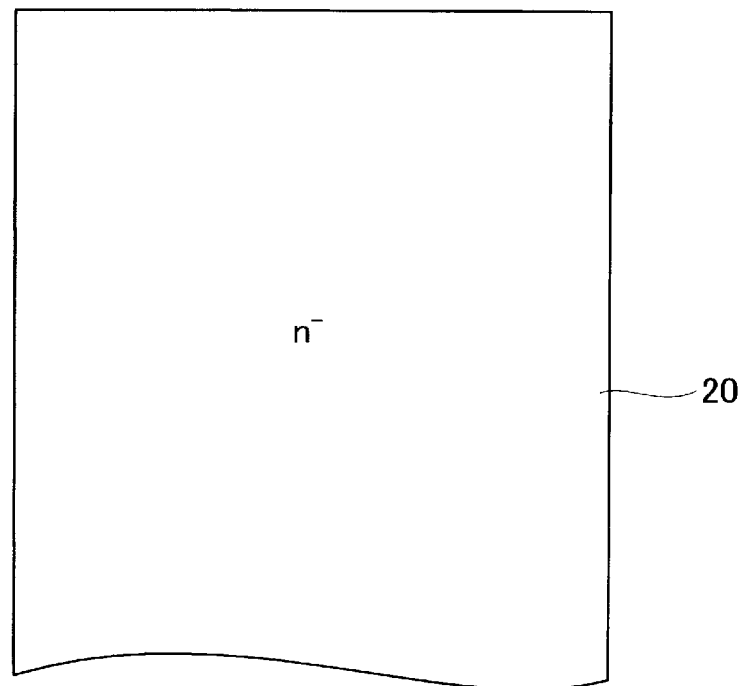
[図11]



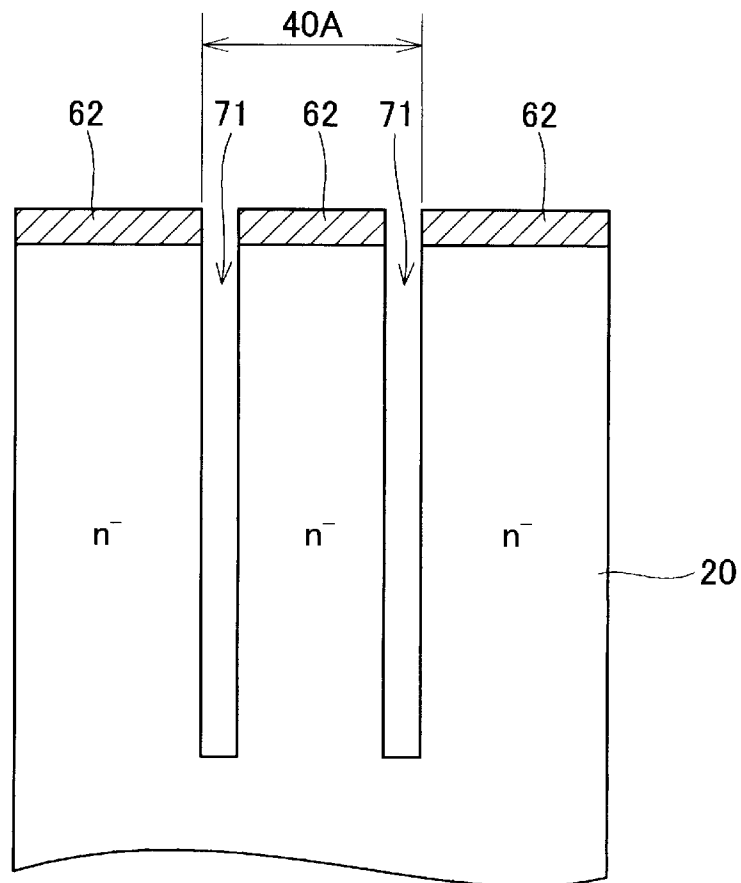
[図13]



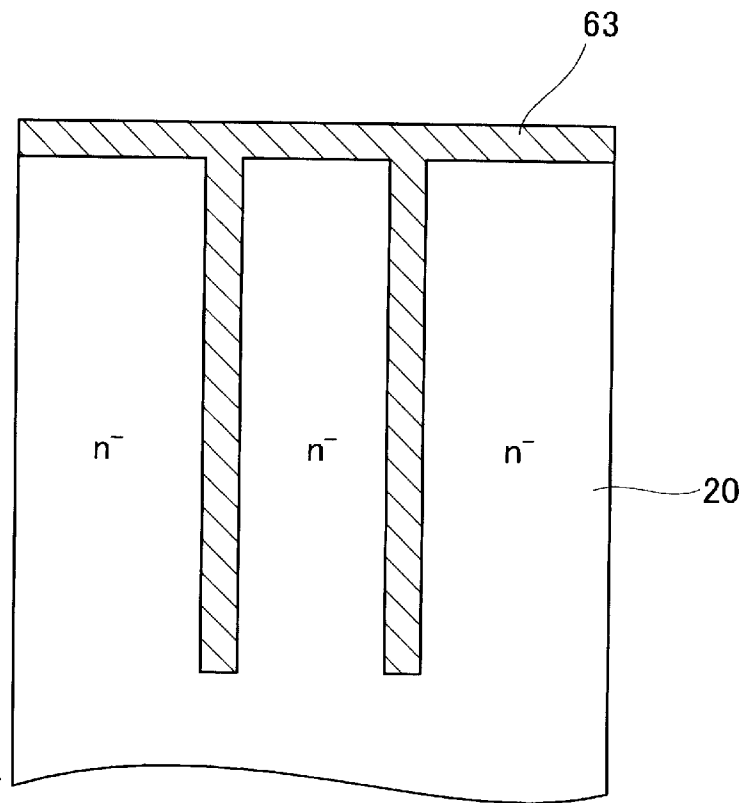
[図14]



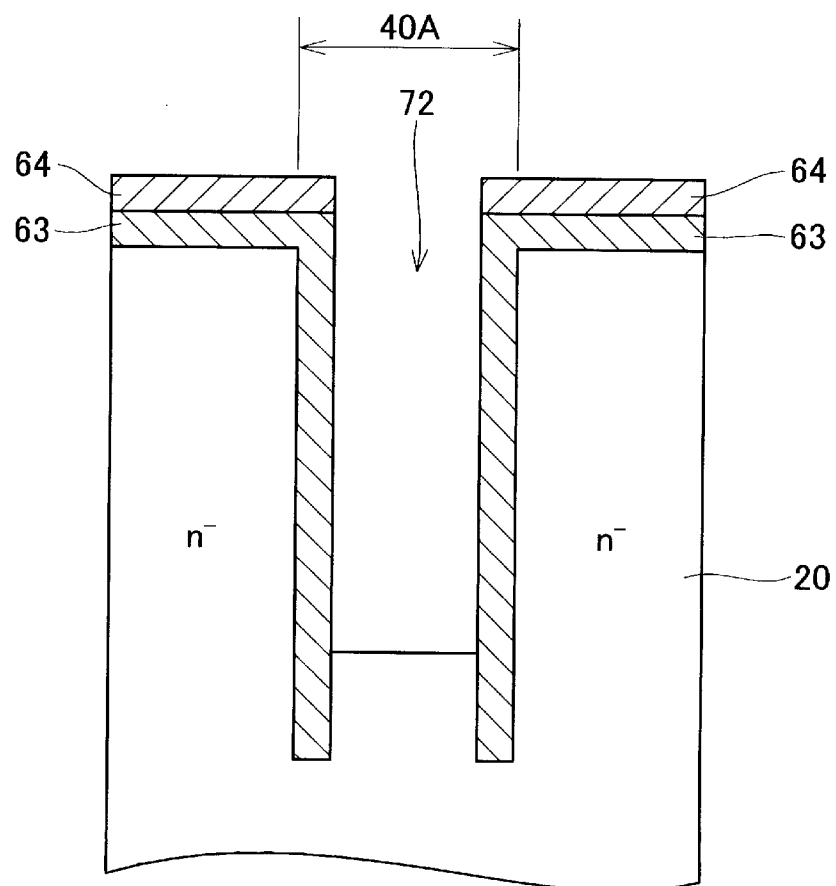
[図15]



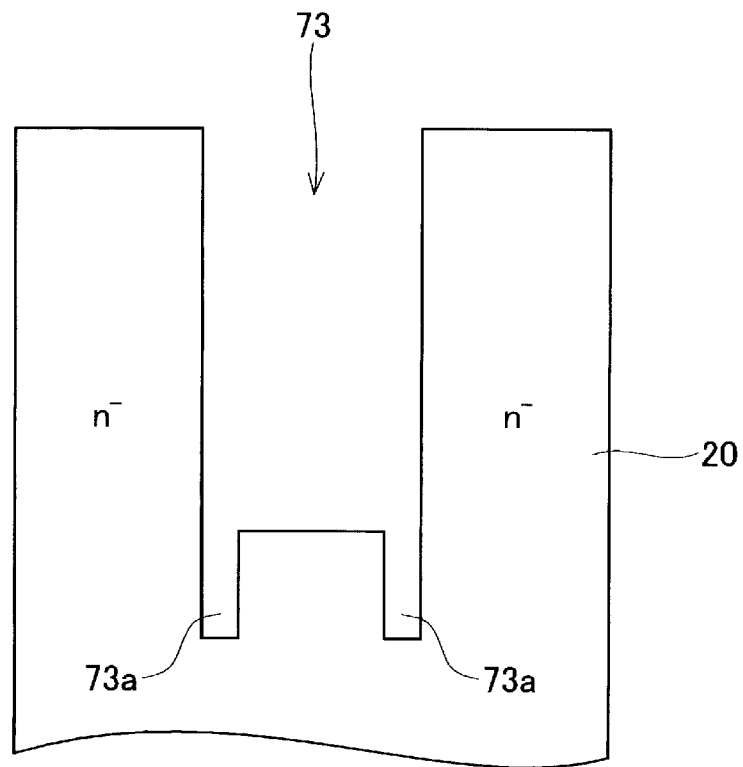
[図16]



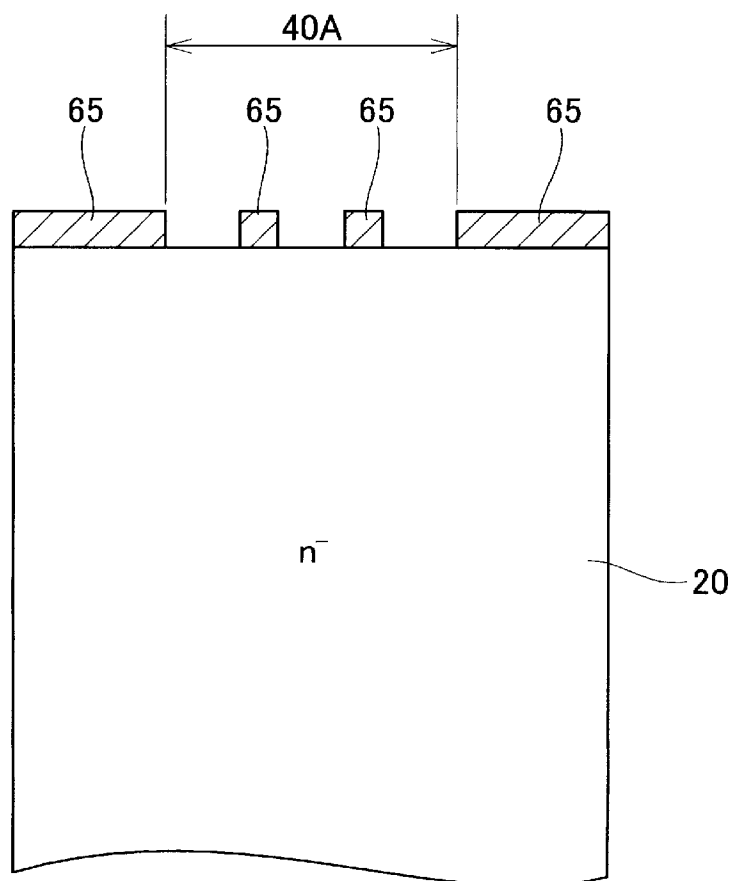
[図17]



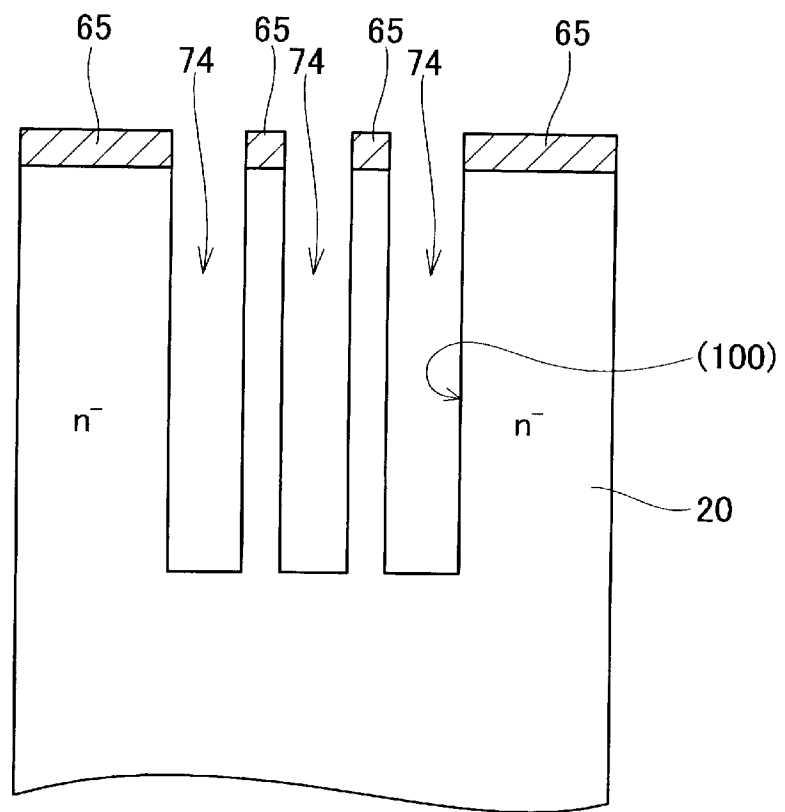
[図18]



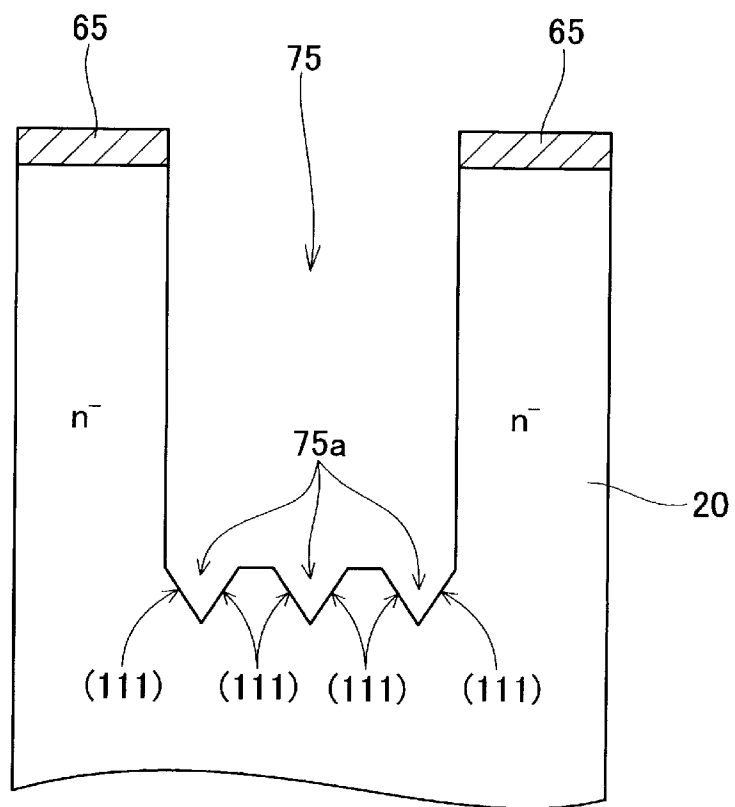
[図19]



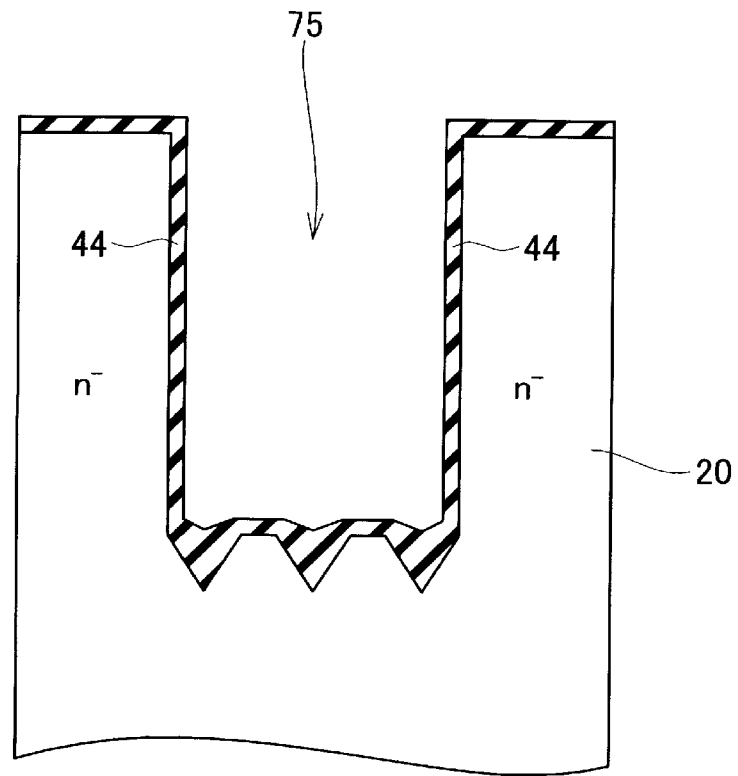
[図20]



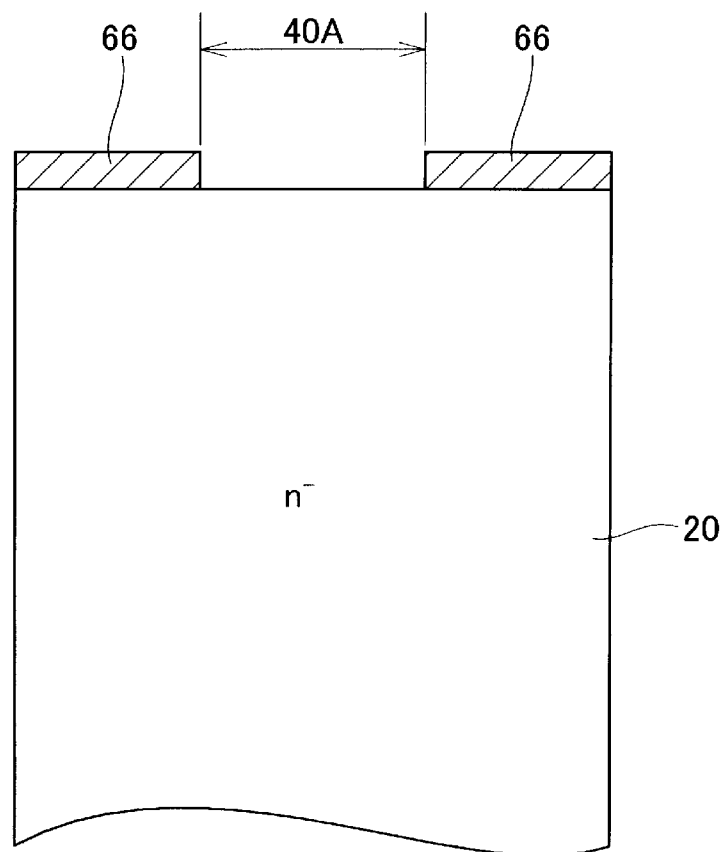
[図21]



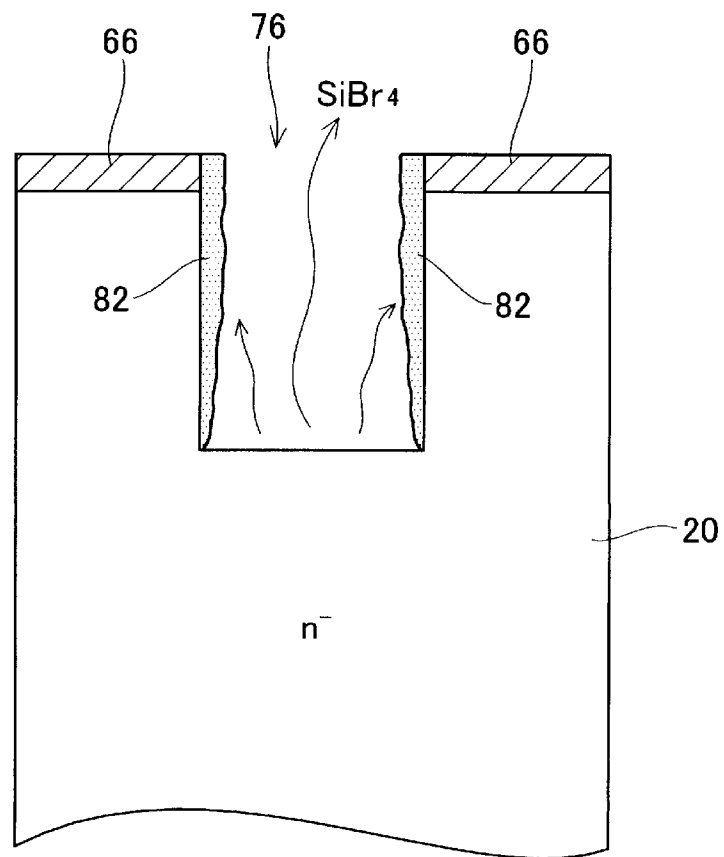
[図22]



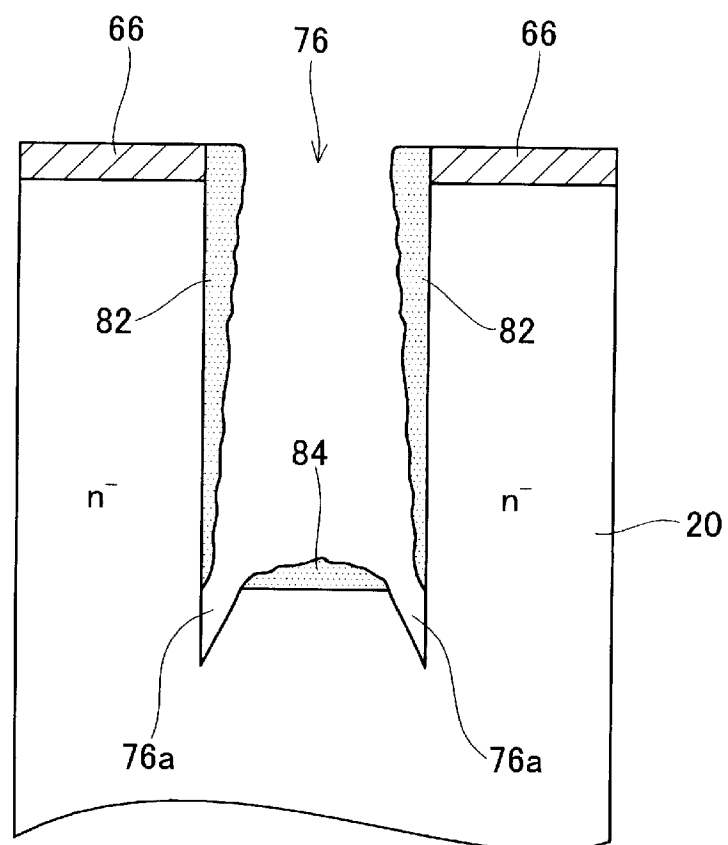
[図23]



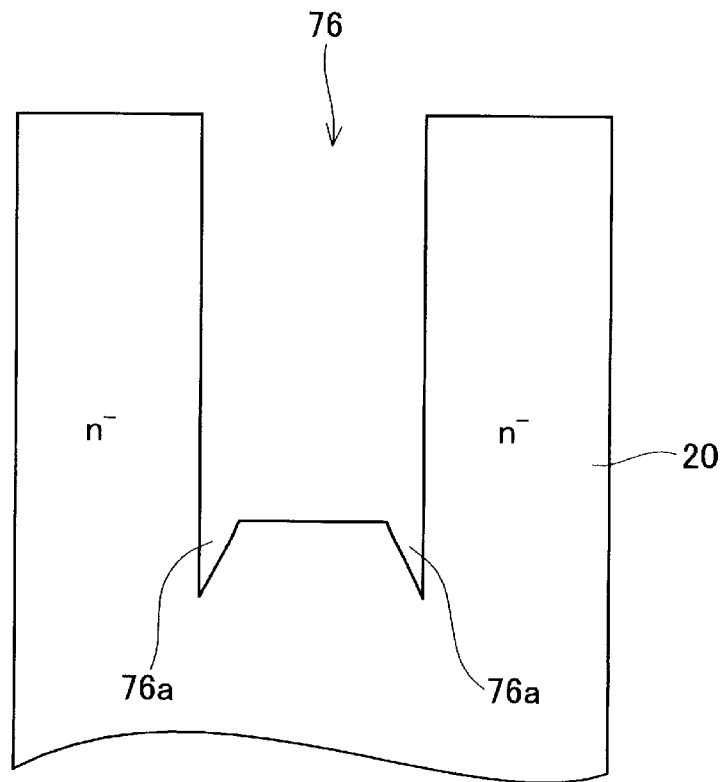
[図24]



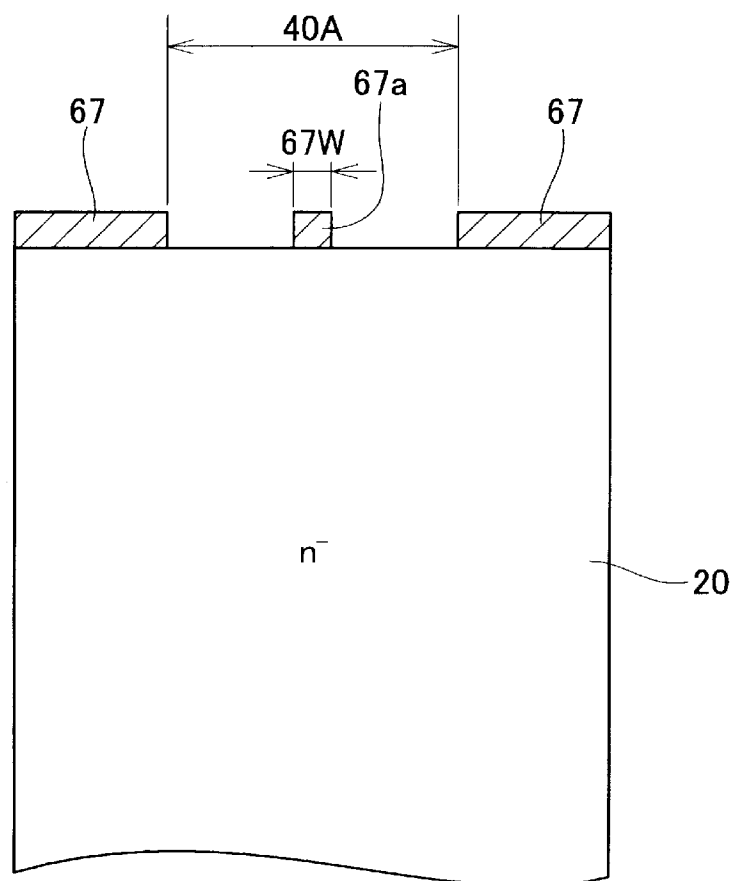
[図25]



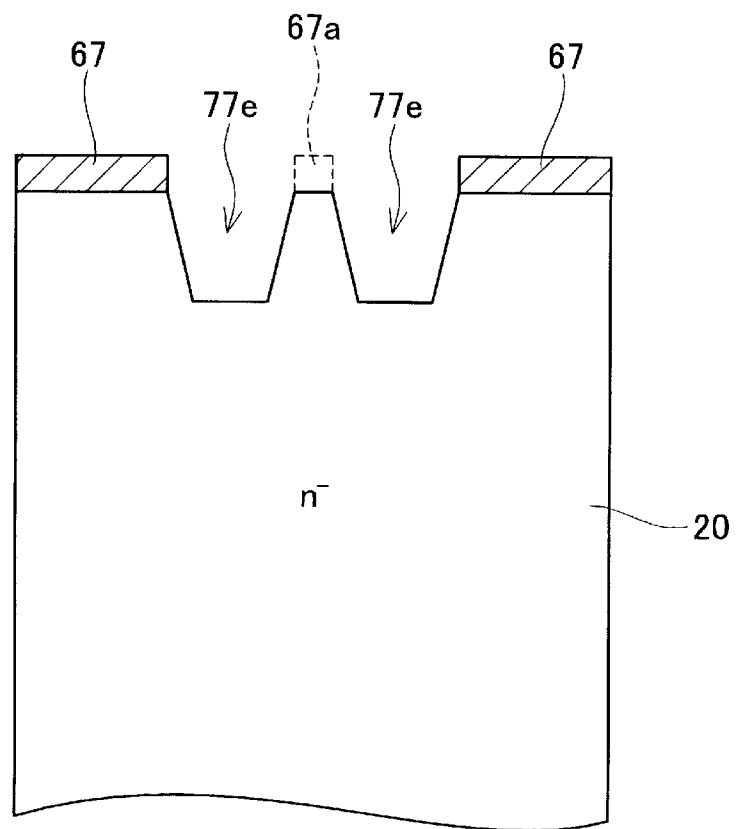
[図26]



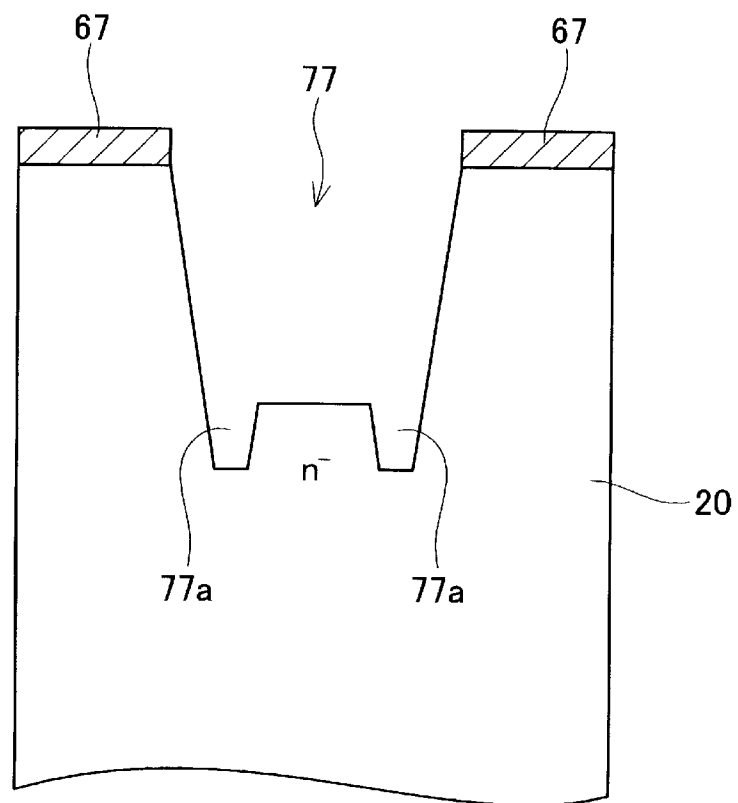
[図27]



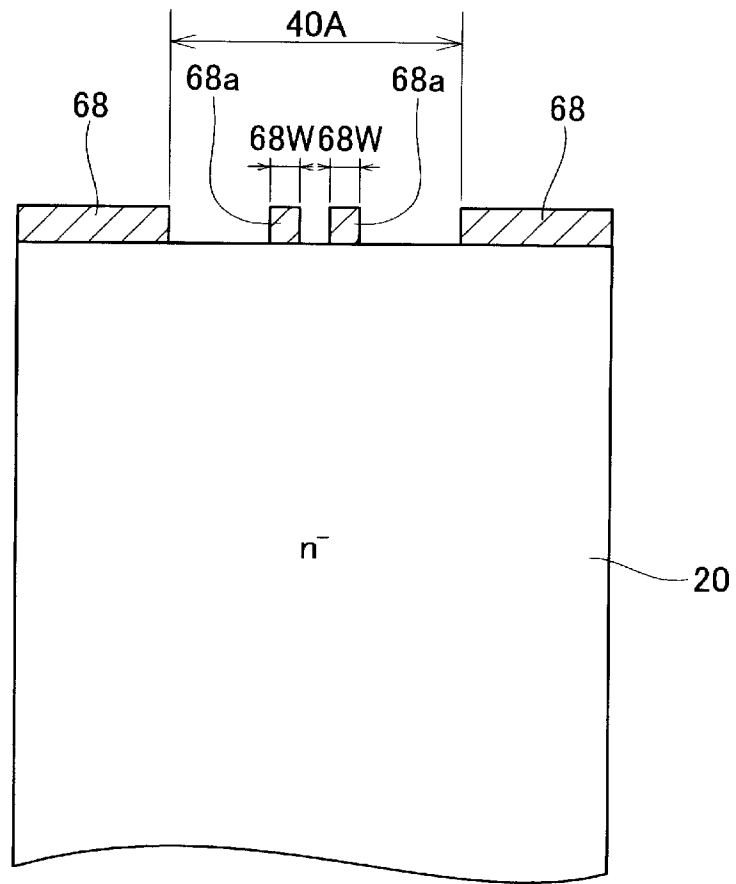
[図28]



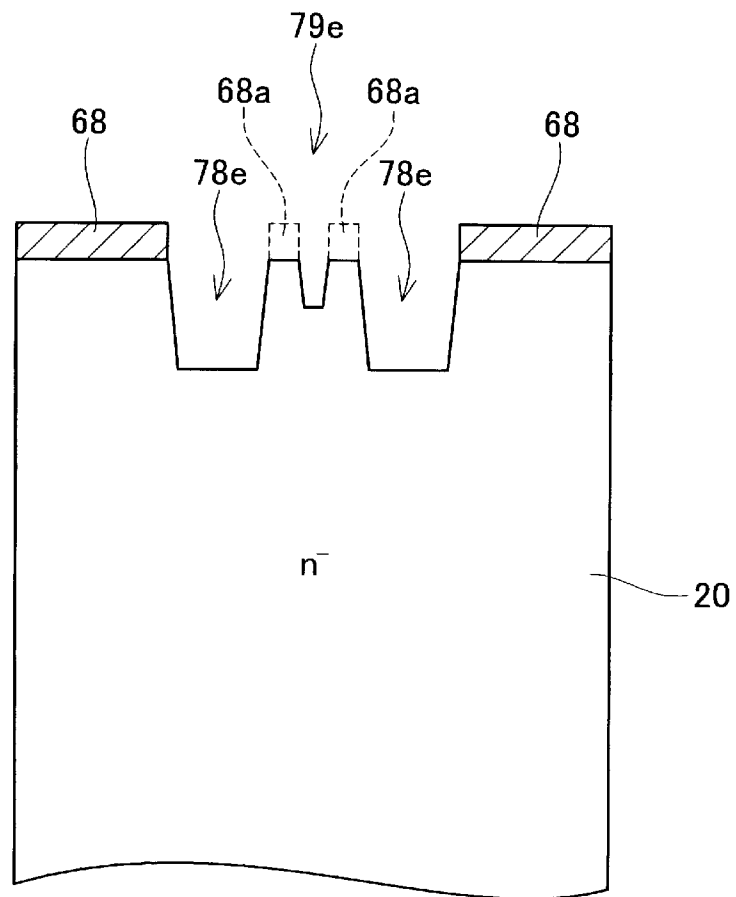
[図29]



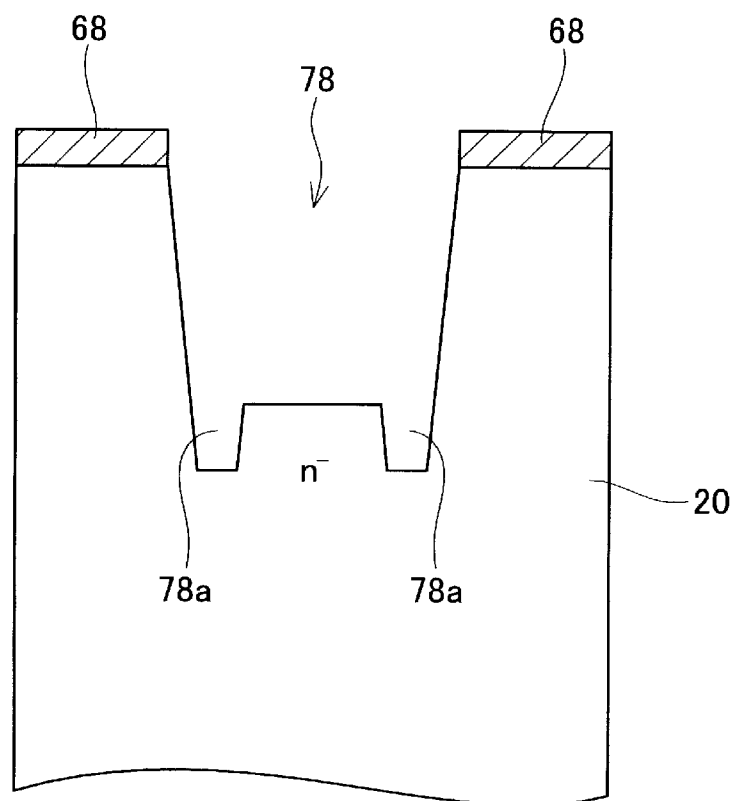
[図30]



[図31]



[図32]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/071858

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L29/739(2006.01) i, H01L21/336(2006.01) i, H01L29/12(2006.01) i,
H01L29/78(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)

H01L29/739, H01L21/336, H01L29/12, H01L29/78

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	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

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	JP 2005-056868 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 03 March, 2005 (03.03.05), Par. Nos. [0002] to [0011], [0017] to [0022]; Figs. 3 to 6 & WO 2002/099870 A1	1-3 4
Y	JP 2007-129259 A (The Kansai Electric Power Co., Inc.), 24 May, 2007 (24.05.07), Par. Nos. [0032] to [0057]; Figs. 1 to 8 & JP 10-98188 A & EP 893830 A1 & WO 1998/026458 A1	4

☒ 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
26 February, 2009 (26.02.09)

Date of mailing of the international search report
10 March, 2009 (10.03.09)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/071858

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-093193 A (Toyota Motor Corp.), 06 April, 2006 (06.04.06), Par. Nos. [0031] to [0094]; Figs. 1 to 14, 16 to 18 (Family: none)	1
A	JP 2007-165380 A (Toshiba Corp.), 28 June, 2007 (28.06.07), Par. Nos. [0010] to [0040]; Fig. 13 & US 2007/0138547 A1	1
A	WO 2007/012490 A1 (INFINEON TECHNOLOGIES AUSTRIA AG.), 01 February, 2007 (01.02.07), Fig. 8 & US 2007/0023830 A1 & EP 1908119 A & DE 102005035153 A & DE 102005039331 A & DE 102006009942 A & KR 10-2008-0034003 A	1-4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/071858

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The inventions of claims 1 - 12 are common in that they have the same or corresponding technical feature of "trench gate".

However, this technical feature is well known, since it is described in JP 2005-056868 A, Par. Nos. [0002] - [0011], [0017] - [0022], Figs. 3 - 6.

Therefore, it is not recognized that the inventions of claims 1 - 12 can be so technically related to each other as are expressed by the same or corresponding special technical features.

Hence, the inventions of claims 1 - 12 cannot be considered so relative as to form a single general inventive concept.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
Claims 1 - 4.

Remark on Protest
the

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L29/739(2006.01)i, H01L21/336(2006.01)i, H01L29/12(2006.01)i, H01L29/78(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（I P C））

Int.Cl. H01L29/739, H01L21/336, H01L29/12, H01L29/78

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 0 9 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 9 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 9 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 請求の範囲の番号
X	JP 2005-056868 A（松下電器産業株式会社）2005.03.03, 段落[0002]-[0011], [0017]-[0022], 図 3-6	1 - 3
Y	& WO 2002/099870 A1	4
Y	JP 2007-129259 A（関西電力株式会社）2007.05.24, 段落[0032]-[0057], 図 1-8 & JP 10-98188 A & EP 893830 A1 & WO 1998/026458 A1	4

☒ 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

2 6 . 0 2 . 2 0 0 9

国際調査報告の発送日

1 0 . 0 3 . 2 0 0 9

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

恩田 春香

4 M

4 0 3 9

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 6 2

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 請求の範囲の番号
A	JP 2006-093193 A (トヨタ自動車株式会社) 2006. 04. 06, 段落[0031]-[0094], 図 1-14, 16-18 (ファミリーなし)	1
A	JP 2007-165380 A (株式会社東芝) 2007. 06. 28, 段落[0010]-[0040], 図 13 & US 2007/0138547 A1	1
A	WO 2007/012490 A1 (INFINEON TECHNOLOGIES AUSTRIA AG) 2007. 02. 01, Fig. 8 & US 2007/0023830 A1 & EP 1908119 A & DE 102005035153 A & DE 102005039331 A & DE 102006009942 A & KR 10-2008-0034003 A	1 - 4

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

請求項1-12に係る発明は、「トレンチゲート」という同一の又は対応する技術的特徴を有する点で共通する。

しかしながら、当該技術的特徴はJP 2005-056868 Aの段落[0002]-[0011]，[0017]-[0022]，図3-6に記載されているように公知である。

したがって、請求項1-12に係る発明は相互に同一の又は対応する特別な技術的特徴によって表現された技術的相互関連性を有しているとは認められない。

よって、請求項1-12に係る発明は単一の一般的発明概念を形成するように関連している一群の発明とすることはできない。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

請求項1-4

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。