

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-164558

(P2009-164558A)

(43) 公開日 平成21年7月23日(2009.7.23)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 L 29/78 (2006.01)	H O 1 L 29/78 6 5 2 K	
H O 1 L 21/336 (2006.01)	H O 1 L 29/78 6 5 2 G	
	H O 1 L 29/78 6 5 3 A	
	H O 1 L 29/78 6 5 2 J	
	H O 1 L 29/78 6 5 8 G	
審査請求 有 請求項の数 12 O L (全 24 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2008-156240 (P2008-156240)	(71) 出願人	000003609
(22) 出願日	平成20年6月16日 (2008.6.16)		株式会社豊田中央研究所
(31) 優先権主張番号	特願2007-317913 (P2007-317913)		愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4 1
(32) 優先日	平成19年12月10日 (2007.12.10)		番地の1
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(71) 出願人	000003207
			トヨタ自動車株式会社
			愛知県豊田市トヨタ町1 番地
		(74) 代理人	110000110
			特許業務法人快友国際特許事務所
		(72) 発明者	青井 佐智子
			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
		(72) 発明者	鈴木 隆司
			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
			最終頁に続く

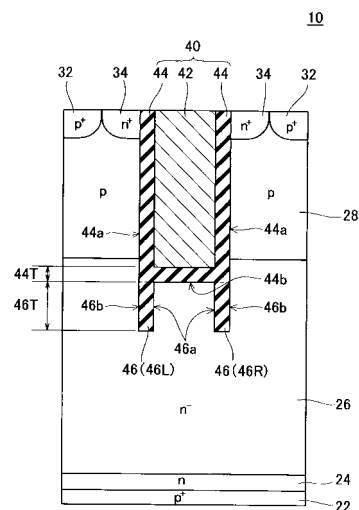
(54) 【発明の名称】 半導体装置とその製造方法、並びにトレンチゲートの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 高耐量な I G B T を提供すること。

【解決手段】 I G B T 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 を隔てている 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、絶縁体の突出部 60 を備えている。突出部 60 は、一端がトレンチゲート 40 の表面に接しているとともに、少なくとも一部がドリフト領域 26 内に突出している。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 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を隔てている第 2 導電型の間中部半導体領域と、
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しているトレンチゲートと、
一端がトレンチゲートの表面に接しているとともに、少なくとも一部が深部半導体領域内に突出している絶縁体の突出部と、を備えている半導体装置。

10

【請求項 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延びているとともに相互に対向している一对の側面と、一方の前記側面から他方の前記側面まで延びている底面を有しており、
前記突出部は、前記ゲート絶縁膜の底面に接していることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置。

【請求項 3】

複数の突出部が前記ゲート絶縁膜の底面に接していることを特徴とする請求項 2 に記載の半導体装置。

【請求項 4】

前記ゲート絶縁膜の底面に接している突出部と突出部の間に第 2 導電型の半導体領域が設けられており、その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。

20

【請求項 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 の深さよりも深いことを特徴とするトレンチゲートの製造方法。

30

【請求項 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ことを特徴とする請求項 5 のトレンチゲートの製造方法。

【請求項 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、非平行であることを特徴としているトレンチゲートの製造方法。

40

【請求項 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 (1 0 0) 面であり、
前記第 2 面方位は (1 1 1) 面であることを特徴とする請求項 7 に記載のトレンチゲートの製造方法。

【請求項 9】

50

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、を備えていることを特徴とするトレンチゲートの製造方法。

【請求項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ことを特徴とするトレンチゲートの製造方法。

【請求項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ことを特徴とする請求項１０に記載のトレンチゲートの製造方法。

【請求項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。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

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、その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ときに、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。

【 0 0 0 5 】

特許文献 1 及び特許文献 2 は、トレンチゲート 1 4 0 の底面のゲート絶縁膜 1 4 4 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 1 4 0 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 1 4 0 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。

【 0 0 0 6 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 6 - 3 3 2 5 9 1 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 6 - 1 2 0 9 5 1 号公報

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

しかしながら、ゲート電極 1 4 2 に印加されるゲート電位が大きい場合は、ゲート絶縁膜 1 4 4 を厚く形成したとしても、ゲート電極 1 4 2 の電位に引き寄せられてトレンチゲート 1 4 0 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 1 4 0 の下方に正孔も移動してしまう。ゲート絶縁膜 1 4 4 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。

【 0 0 0 8 】

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し、高耐量な半導体装置を提供することを目的としている。

20

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

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、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。

30

【 0 0 1 0 】

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を隔てている第 2 導電型の中間部半導体領域と、トレンチゲートと、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。突出部は、一端がトレンチゲートの表面に接しているとともに、少なくとも一部が深部半導体領域内に突出している。

40

【 0 0 1 1 】

一般的に、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延びているとともに相互に対向している一对の側面と、一方の側面から他方の側面まで延びている底面を有していることが多い。突出部は、ゲート絶縁膜の底面に接していてもよく、ゲート絶縁膜の側面に接していてもよい。

【 0 0 1 2 】

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

50

一般的に、上記半導体装置では、中間部半導体領域は、イオン注入技術を利用して形成される。複数の突出部がゲート絶縁膜の底面に接していると、中間部半導体領域がトレンチゲートを超えて深い位置まで拡散したとしても、突出部によってトレンチゲートの下方にまで拡散することを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存在することになる。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。通常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、ゲート絶縁膜の底面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、製造し易い特徴を有する。なお、前記したように、突出部の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。

10

20

【0013】

複数の突出部がゲート絶縁膜の底面に接している場合、隣接する突出部の間に第2導電型の半導体領域が設けられており、その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。

【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の深さよりも深いことを特徴とする。第1工程と第2工程は、どちらが先に実施されてもよい。

30

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トレンチによって、トレンチゲートの底面に突出トレンチが形成される。この突出トレンチが深部半導体領域内に位置すると、突出トレンチ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、突出トレンチの側面の少なくとも一部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。

40

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。

【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

50

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、非平行であることを特徴としている。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、各トレンチの底面に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が深部半導体領域内に位置すると、突出トレンチ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、突出トレンチの側面の少なくとも一部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。

【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が深部半導体領域内に位置すると、突出トレンチ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、突出トレンチの側面の少なくとも一部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。

【0017】

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ことの特徴としている。

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

10

20

30

40

50

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。この突出トレンチが深部半導体領域内に位置すると、突出トレンチ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、突出トレンチの側面の少なくとも一部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。

10

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、幅広なトレンチを形成することができる。

【発明の効果】

【００１８】

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一方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、その一方のキャリアに引き寄せられてトレンチゲートの下方に他方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。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【００１９】

本発明の好ましい特徴を列記する。

（第１特徴） 突出部がゲート絶縁膜から突出する厚みは、ゲート絶縁膜の厚みよりも厚い。

（第２特徴） 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方向を隔てるように設けられている。

30

（第３特徴） 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。

（第４特徴） 第２及び第３特徴において、第１表面はゲート絶縁膜の底面と非平行であり、第２表面はゲート絶縁膜の側面と平行である。

【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。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。

40

【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、 p^+ 型のコレクタ領域２２と、コレクタ領域２２

50

上に設けられている n 型のバッファ領域 2 4 と、バッファ領域 2 4 上に設けられている n⁺ 型のドリフト領域 2 6 (深部半導体領域の一例) と、ドリフト領域 2 6 上に設けられている p 型のボディ領域 2 8 (中間部半導体領域の一例) を備えている。コレクタ領域 2 2 は、図示しないコレクタ電極と電氣的に接続されている。コレクタ領域 2 2 とバッファ領域 2 4 は、イオン注入技術を利用して、ドリフト領域 2 6 の裏面に形成される。ボディ領域 2 8 も、イオン注入技術を利用して、ドリフト領域 2 6 の表面に形成される。n 型のドリフト領域 2 6 及びバッファ領域 2 4 は、p 型のボディ領域 2 8 とコレクタ領域 2 2 を隔てている。

【 0 0 2 3 】

I G B T 1 0 はさらに、ボディ領域 2 8 の表面に設けられている p⁺ 型のボディコンタクト領域 3 2 と n⁺ 型のエミッタ領域 3 4 (表面部半導体領域の一例) を備えている。エミッタ領域 3 4 は、トレンチゲート 4 0 に接している。エミッタ領域 3 4 とドリフト領域 2 6 は、ボディ領域 2 8 によって隔てられている。ボディコンタクト領域 3 2 とエミッタ領域 3 4 は、図示しないエミッタ電極と電氣的に接続されている。ボディコンタクト領域 3 2 とエミッタ領域 3 4 は、イオン注入技術を利用して、ボディ領域 2 8 の表面に形成される。

10

【 0 0 2 4 】

I G B T 1 0 はさらに、トレンチゲート 4 0 を備えている。トレンチゲート 4 0 は、エミッタ領域 3 4 からドリフト領域 2 6 に向けてボディ領域 2 8 内を伸びている。トレンチゲート 4 0 は、ボディ領域 2 8 を貫通しており、一端がエミッタ領域 3 4 に接しており、他端がドリフト領域 2 6 内に侵入している。トレンチゲート 4 0 は、ゲート絶縁膜 4 4 と、そのゲート絶縁膜 4 4 で被覆されているゲート電極 4 2 を有している。ゲート絶縁膜 4 4 には酸化シリコンが用いられており、ゲート電極 4 2 には不純物を高濃度に含むポリシリコンが用いられている。

20

【 0 0 2 5 】

図 1 に示すように、トレンチゲート 4 0 のゲート絶縁膜 4 4 は、エミッタ領域 3 4 からドリフト領域 2 6 に向けて縦方向に延びているとともに相互に対向している一対の側面 4 4 a と、一方の側面 4 4 a から他方の側面 4 4 a まで横方向に延びている底面 4 4 b を有している。図 4 に示すように、トレンチゲート 4 0 を平面視すると、トレンチゲート 4 0 は一方向に長く伸びている。

30

【 0 0 2 6 】

図 1 に示すように、I G B T 1 0 はさらに、トレンチゲート 4 0 からドリフト領域 2 6 内を下方に向けて突出する 2 つの突出部 4 6 を備えている。右側の突出部 4 6 R はゲート絶縁膜 4 4 の底面 4 4 b の右側周縁部に接して設けられており、左側の突出部 4 6 L はゲート絶縁膜 4 4 の底面 4 4 b 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 4 6 は、トレンチゲート 4 0 の長手方向に沿って延びており、その長手方向に沿ってゲート絶縁膜 4 4 の底面 4 4 b に接している。突出部 4 6 には、酸化シリコンが用いられている。

【 0 0 2 7 】

図 1 に示すように、突出部 4 6 は、第 1 表面 4 6 a と、その第 1 表面 4 6 a に対向する第 2 表面 4 6 b を有している。第 1 表面 4 6 a と第 2 表面 4 6 b はいずれも、エミッタ領域 3 4 とトレンチゲート 4 0 の下方の間に設けられており、エミッタ領域 3 4 とトレンチゲート 4 0 の下方を結ぶ方向を隔てるように設けられている。また、第 1 表面 4 6 a と第 2 表面 4 6 b はいずれも、ドリフト領域 2 6 に接している。第 1 表面 4 6 a は、ゲート絶縁膜 4 4 の底面 4 4 b と非平行であり、非連続的に接している。第 2 表面 4 6 b は、ゲート絶縁膜 4 4 の側面 4 4 a と平行であり、連続的に接している。ゲート絶縁膜 4 4 の底面 4 4 b から突出する突出部 4 6 の厚み 4 6 T は、ゲート絶縁膜 4 4 の底面の厚み 4 4 T よりも厚い。

40

【 0 0 2 8 】

次に、I G B T 1 0 の特徴を説明する。I G B T 1 0 は、突出部 4 6 を備えていること

50

を特徴としている。さらに、突出部 46 の第 1 表面 46 a と第 2 表面 46 b 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 46 a と第 2 表面 46 b がいずれもドリフト領域 26 に接しているので、第 1 表面 46 a と第 2 表面 46 b 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 46 a と第 2 表面 46 b 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、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 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 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 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 を挟んで存在することになる。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 46 b の一部 46 c 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 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。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。

【 0 0 3 3 】

図 8 に示す変形例の I G B T 1 0 は、隣接する突出部 4 6 の間に p 型のフローティング半導体領域 5 2 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 5 2 は、ゲート絶縁膜 4 4 の底面 4 4 b に接している。フローティング半導体領域 5 2 は、ボディ領域 2 8 から電氣的に絶縁されており、その電位はドリフト領域 2 6 の電位に応じて変動する。フローティング半導体領域 5 2 がトレンチゲート 4 0 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 5 2 に代えて、i 型の半導体領域を設けてもよい。

【 0 0 3 4 】

図 9 に示す変形例の I G B T 1 0 は、隣接する突出部 4 6 の間に p 型のフローティング半導体領域 5 2 と n 型のフローティング半導体領域 5 4 と p 型の第 2 フローティング半導体領域 5 6 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。

【 0 0 3 5 】

以下、突出部の形態が異なる複数の変形例を説明する。

図 1 0 に、I G B T 1 1 の要部断面図を模式的に示す。I G B T 1 1 は、突出部 1 4 6 がドリフト領域 2 6 を貫通してバッファ領域 2 4 にまで達していることを特徴としている。I G B T 1 1 によると、エミッタ領域 3 4 から供給された電子がトレンチゲート 4 0 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 2 2 から供給された正孔がトレンチゲート 4 0 の下方に集中する現象も顕著に抑制される。

なお、I G B T 1 1 では、隣接する突出部 1 4 6 の間において、コレクタ領域 2 2 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 1 4 6 の間のドリフト領域 2 6 に正孔が供給されないので、トレンチゲート 4 0 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。

【 0 0 3 6 】

図 1 1 に、I G B T 1 2 の要部断面図を模式的に示す。I G B T 1 2 は、4 つの突出部 2 4 6 がゲート絶縁膜 4 4 の底面 4 4 b に接して設けられている。図 1 2 に示すように、トレンチゲート 4 0 の底面に設ける突出部 2 4 6 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。

【 0 0 3 7 】

図 1 2 に、I G B T 1 3 の要部断面図を模式的に示す。I G B T 1 3 は、2 つの突出部 3 4 6 がゲート絶縁膜 4 4 の側面 4 4 a 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 3 4 6 の第 1 表面 3 4 6 a と第 2 表面 3 4 6 b のいずれもが、エミッタ領域 3 4 とトレンチゲート 4 0 の下方の間に設けられている。さらに、突出部 3 4 6 の第 1 表面 3 4 6 a と第 2 表面 3 4 6 b のいずれもが、ドリフト領域 2 6 に接している。したがって、エミッタ領域 3 4 から供給された電子は、この突出部 3 4 6 を超えてトレンチゲート 4 0 の下方にまで移動することが物理的に抑制されている。

【 0 0 3 8 】

図 1 3 に、I G B T 1 4 の要部断面図を模式的に示す。I G B T 1 4 では、突出部 4 4 6 の一端が、ボディ領域 2 8 内のゲート絶縁膜 4 4 の側面 4 4 a 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 4 4 6 は、その先端がドリフト領域 2 6 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 4 4 6 の第 1 表面 4 4 6 a と第 2 表面 4 4 6 b のいずれもが、エミッタ領域 3 4 とトレンチゲート 4 0 の下方の間に設けられている。さらに、突出部 4 4 6 の第 1 表面 4 4 6 a と第 2 表面 4 4 6 b の一部が、ドリフト領域 2 6 に接している。したがって、エミッタ領域 3 4 から供給された電子は、この突出部 4 4 6 を超えてトレンチゲート 4 0 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 4 4 6 の第 2 表面 4 4 6 b の一部 4 4 6 c は、ドリフト領域 2 6 に対向している。したがって、I G B T 1 4 がオンしているときに、ドリフト領域 2 6 とボディ領

10

20

30

40

50

域 2 8 の間に電位差が生じるので、突出部 4 4 6 の第 2 表面 4 4 6 b の一部 4 4 6 c には第 2 の反転層が形成される。このため、エミッタ領域 3 4 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 2 6 まで移動することができる。

【 0 0 3 9 】

以下、上記した I G B T 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。I G B T 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。

【 0 0 4 0 】

(トレンチゲートの第 1 製造方法)

以下、図 1 4 ~ 1 8 を参照して、上記したトレンチゲート 4 0 の第 1 の製造方法を説明する。

まず、図 1 4 に示すように、 n^- 型の半導体基板 2 6 (後に、ドリフト領域 2 6 になる) を準備する。

【 0 0 4 1 】

次に、図 1 5 に示すように、半導体基板 2 6 の表面にマスク 6 2 をパターニングする。マスク 6 2 の材料には C V D 酸化膜が用いられる。マスク 6 2 の開口は、半導体基板 2 6 のトレンチ形成領域 4 0 A 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 6 2 の開口は、半導体基板 2 6 のトレンチ形成領域 4 0 A 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 6 2 の開口から露出する半導体基板 2 6 の表面をエッチングし、半導体基板 2 6 内に伸びる第 1 トレンチ 7 1 を形成する。このドライエッチングは、エッチングガスに H B r ガスが用いられる。第 1 トレンチ 7 1 を形成した後に、マスク 6 2 は除去される。

【 0 0 4 2 】

次に、図 1 6 に示すように、熱酸化技術を利用して、第 1 トレンチ 7 1 を熱酸化膜 6 3 で充填する。

【 0 0 4 3 】

次に、図 1 7 に示すように、熱酸化膜 6 3 の表面にマスク 6 4 をパターニングする。マスク 6 4 の開口は、トレンチ形成領域 4 0 A のうちの第 1 トレンチ 7 1 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 6 4 の開口から露出する熱酸化膜 6 3 とその熱酸化膜 6 3 の下方の半導体基板 2 6 をエッチングし、半導体基板 2 6 内に伸びる第 2 トレンチ 7 2 を形成する。このドライエッチングは、エッチングガスに $C F_4$ 、H B r ガスが用いられる。第 2 トレンチ 7 2 の深さは、第 1 トレンチ 7 1 の深さよりも浅い。

【 0 0 4 4 】

次に、熱酸化膜 6 3 とマスク 6 4 を除去すると、図 1 8 に示すトレンチ 7 3 が形成される。上記製造方法によると、第 1 トレンチ 7 1 が第 2 トレンチ 7 2 よりも深く形成される。このため、第 2 トレンチ 7 2 から突出する第 1 トレンチ 7 1 によって、トレンチ 7 3 の底面の周縁部に突出トレンチ 7 3 a が形成される。この後に、熱酸化技術を利用して、突出トレンチ 7 3 a 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 C V D (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。

【 0 0 4 5 】

(トレンチゲートの第 2 の製造方法)

以下、図 1 9 ~ 2 2 を参照して、トレンチゲート 4 0 の第 2 の製造方法を説明する。

まず、図 1 9 に示すように、半導体基板 2 6 の表面にマスク 6 5 をパターニングする。マスク 6 5 の材料には C V D 酸化膜が用いられる。マスク 6 5 の開口は、半導体基板 2 6 のトレンチ形成領域 4 0 A に複数個が設けられるように形成される。

【 0 0 4 6 】

次に、図 2 0 に示すように、ドライエッチング技術を利用して、マスク 6 5 の開口から

10

20

30

40

50

露出する半導体基板 26 の表面から半導体基板 26 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 26 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 26 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 26 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 26 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 26 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 /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 26 の表面にマスク 67 をパターニングする。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 26 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 26 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。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 3 】

次に、図 2 8 に示すように、ドライエッチング技術を利用して、マスク 6 7 の開口から露出する半導体基板 2 6 の表面をエッチングし、初期トレンチ 7 7 e を形成する。このドライエッチングは、エッチングガスに H B r ガスが用いられる。犠牲マスク 6 7 a 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 6 7 a も少しずつエッチングされる。犠牲マスク 6 7 a のエッチング選択比にもよるが、犠牲マスク 6 7 a の幅 6 7 W は、初期トレンチ 7 7 e 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 7 7 e が最終的なトレンチの深さに達するまでの犠牲マスク 6 7 a の膜減り量を「X」とすると、犠牲マスク 6 7 a の幅 6 7 W は、「2 X」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 6 7 a 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 6 7 a の幅 6 7 W が「2 X」よりも小さく調整されていると、初期トレンチ 7 7 e が最終的なトレンチの深さに達するまでに犠牲マスク 6 7 a が消失する。犠牲マスク 6 7 a をトレンチ形成領域 4 0 A の表面に形成することによって、トレンチ形成領域 4 0 A 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。

10

【 0 0 5 4 】

ドライエッチングは、犠牲マスク 6 7 a が消失した後も続けられる。これにより、図 2 9 に示すように、初期トレンチ 7 7 e と初期トレンチ 7 7 e の間の壁もエッチングされ、底面に突出トレンチ 7 7 a を有するトレンチ 7 7 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 7 7 a 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。

20

【 0 0 5 5 】

(トレンチゲートの第 4 の製造方法の変形例)

図 3 0 に示すように、半導体基板 2 6 のトレンチゲート形成領域 4 0 A の表面に複数の犠牲マスク 6 8 a を形成してもよい。この場合も、図 3 1 に示すように、犠牲マスク 6 8 a の幅 6 8 W 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 7 8 e , 7 9 e がある程度の深さに達したときに犠牲マスク 6 8 a が消失する。犠牲マスク 6 8 a が消失した後もドライエッチングを継続すると、図 3 2 に示すように、底面に突出トレンチ 7 8 a を有するトレンチ 7 8 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 7 8 a 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。

30

【 0 0 5 6 】

このように、複数の犠牲マスク 6 8 a を分散して配置することによって、幅広なトレンチ 7 8 を形成することができる。

また、この例では、犠牲マスク 6 8 a と犠牲マスク 6 8 a 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 7 9 e 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 7 9 e の形態が最終的なトレンチ 7 8 において消失している。しかし、犠牲マスク 6 8 a と犠牲マスク 6 8 a の間の距離を長くすると、初期トレンチ 7 9 e も深く形成され、初期トレンチ 7 9 e の形態が最終的なトレンチ 7 8 の底面に現れる。この場合、最終的なトレンチ 7 8 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 6 8 a のパターン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。

40

【 0 0 5 7 】

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な変形、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。

50

【図面の簡単な説明】

【0058】

【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。

10

【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）。

20

【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）。

30

【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。

【符号の説明】

【0059】

22：コレクタ領域

40

24：バッファ領域

26：ドリフト領域

28：ボディ領域

32：ボディコンタクト領域

34：エミッタ領域

40：トレンチゲート

42：ゲート電極

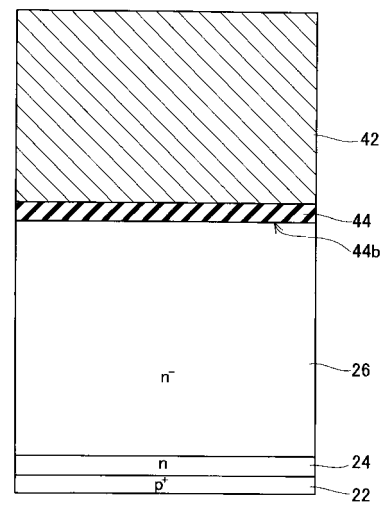
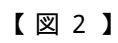
44：ゲート絶縁膜

46：突出部

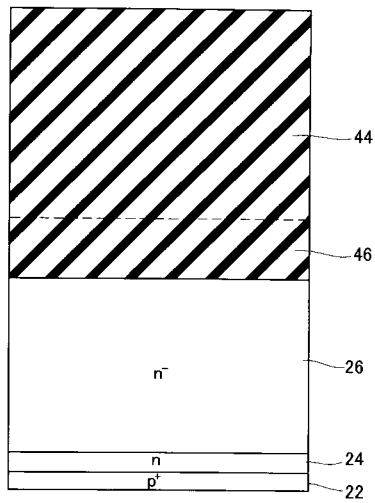
46a：第1表面

50

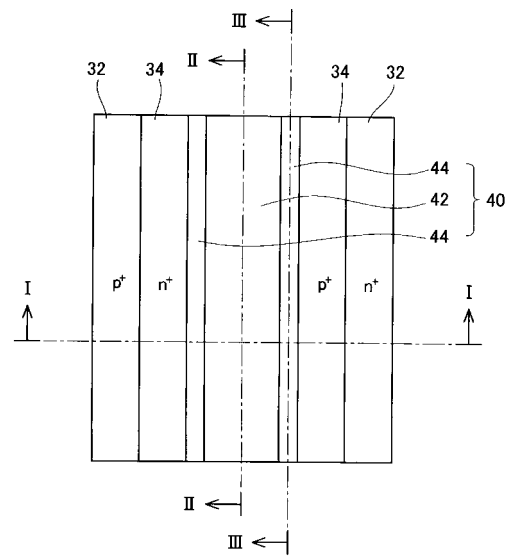
【 図 1 】



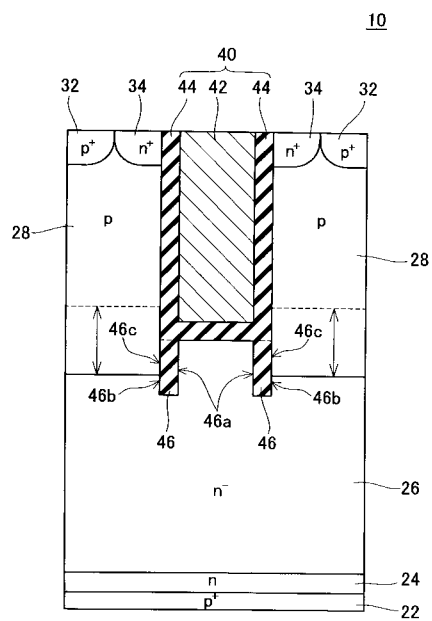
【 図 3 】



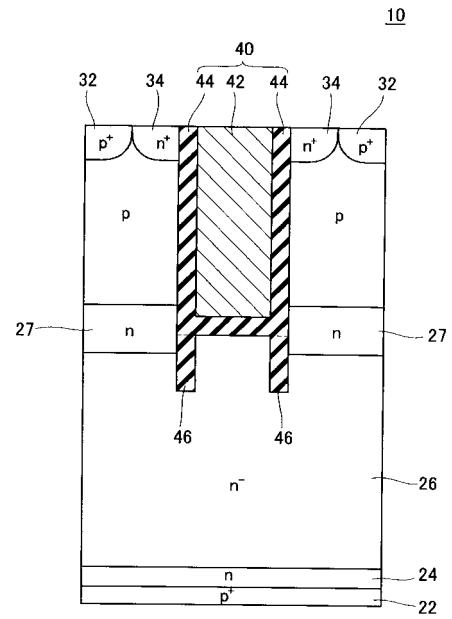
【 図 4 】



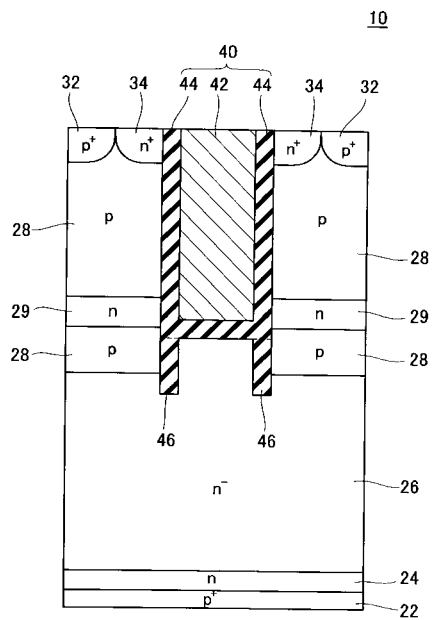
【 図 5 】



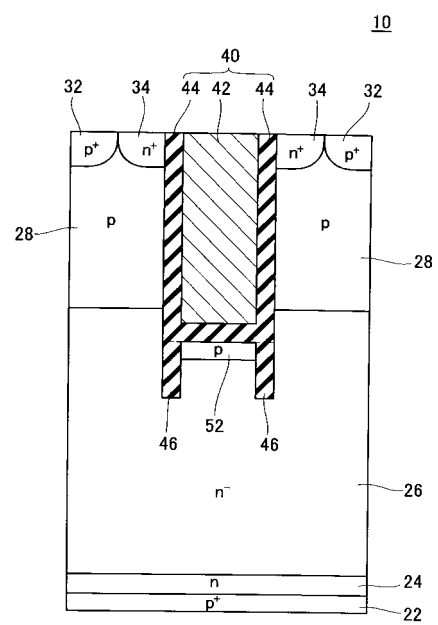
【 図 6 】



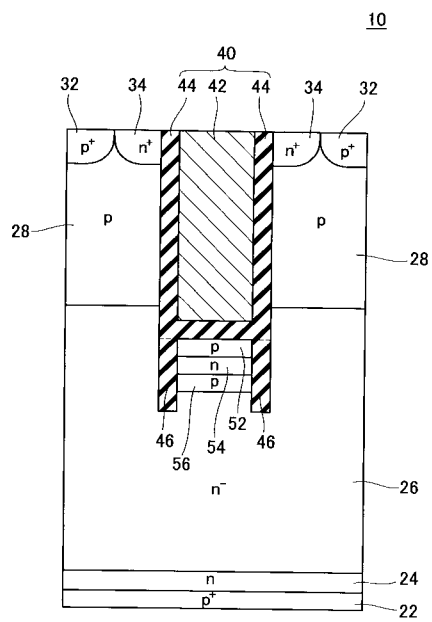
【図 7】



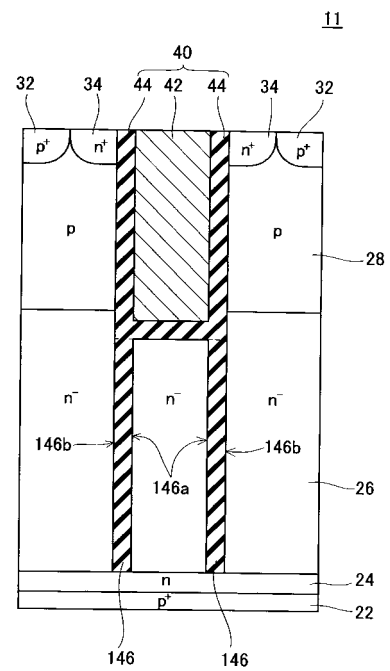
【図 8】



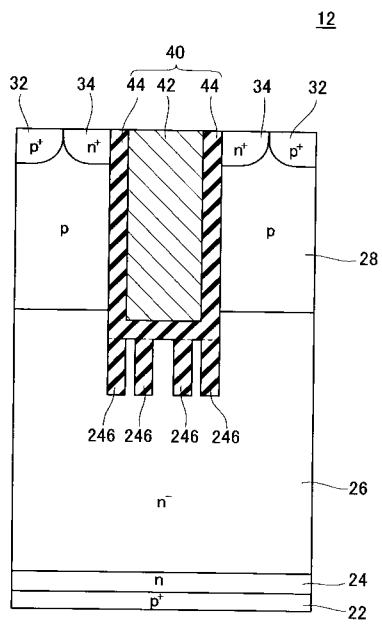
【図 9】



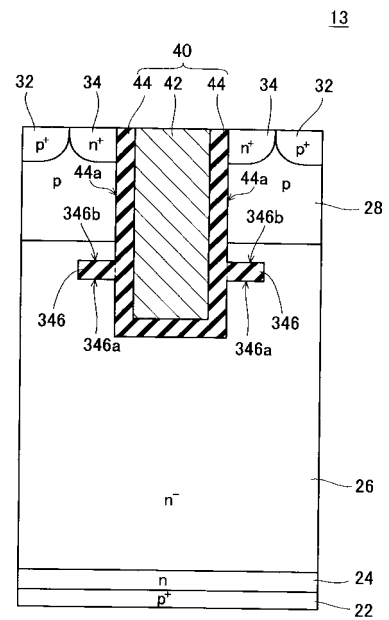
【図 10】



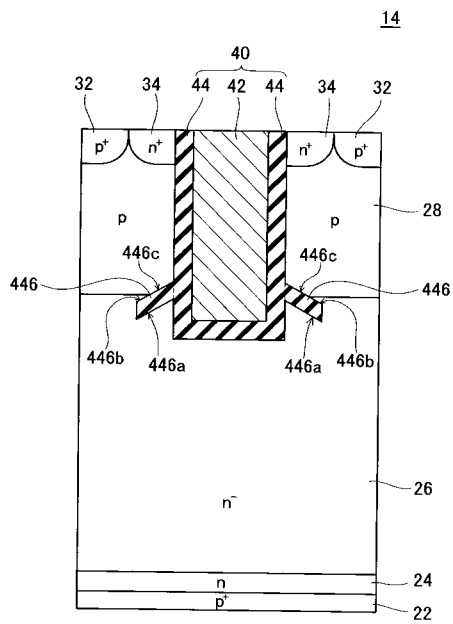
【図 1 1】



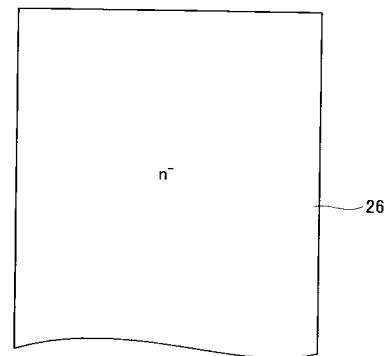
【図 1 2】



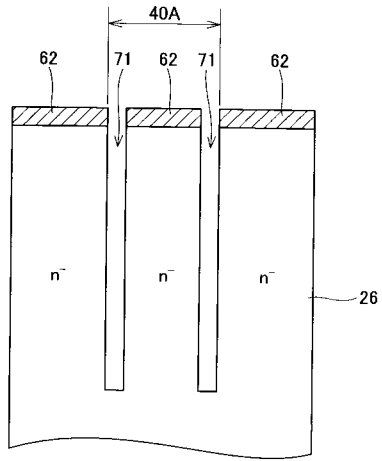
【図 1 3】



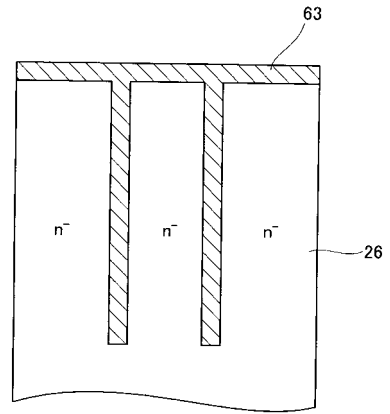
【図 1 4】



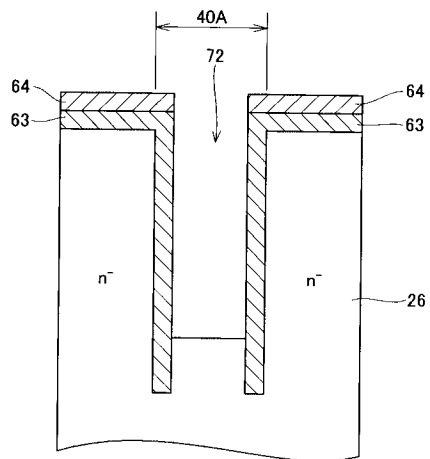
【図 15】



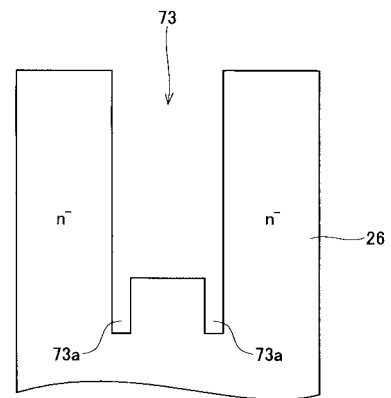
【図 16】



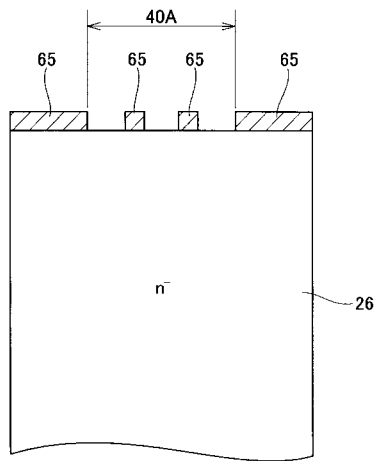
【図 17】



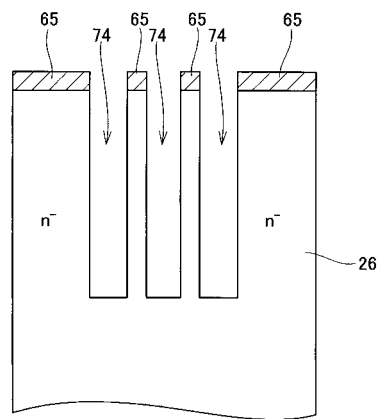
【図 18】



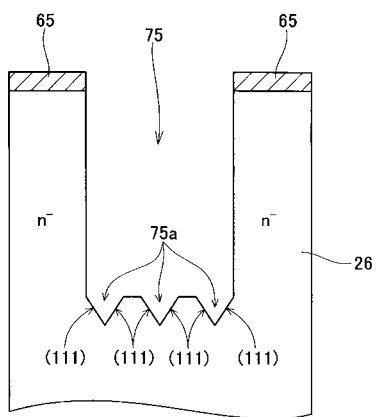
【図 19】



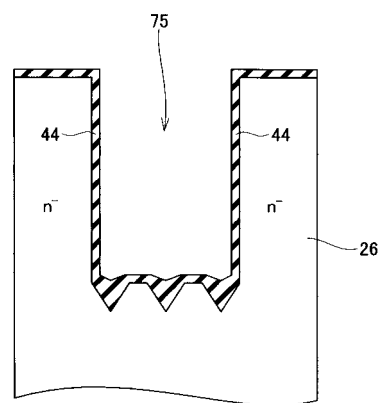
【図 20】



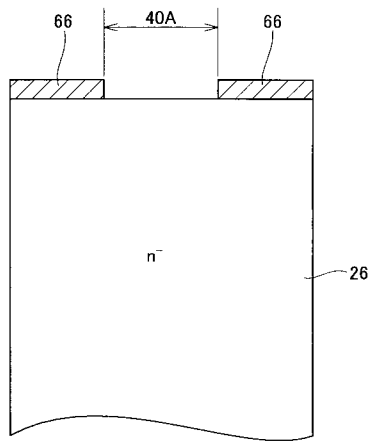
【図 21】



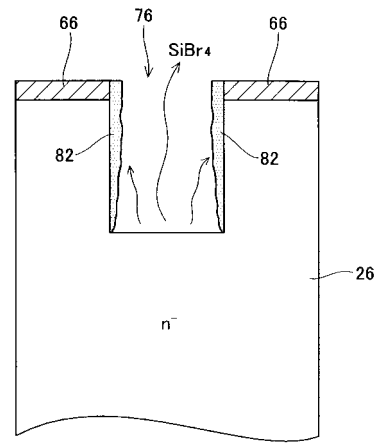
【図 22】



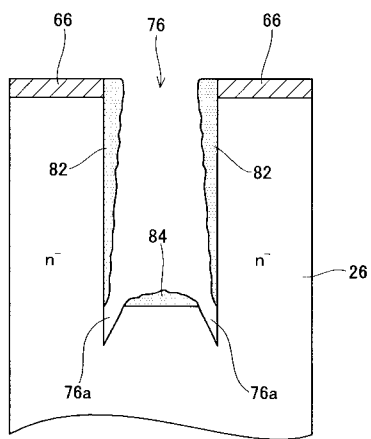
【図 2 3】



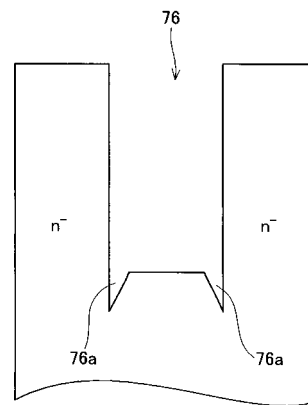
【図 2 4】



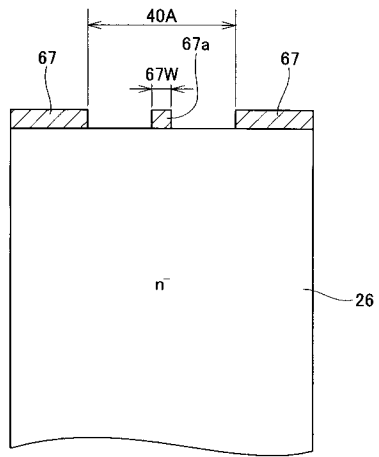
【図 2 5】



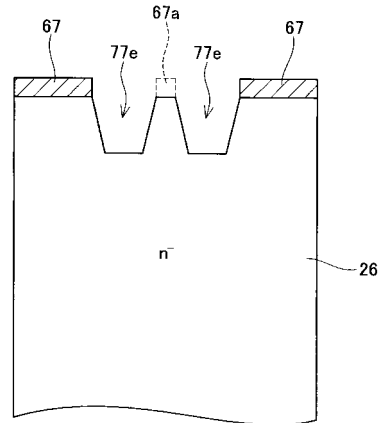
【図 2 6】



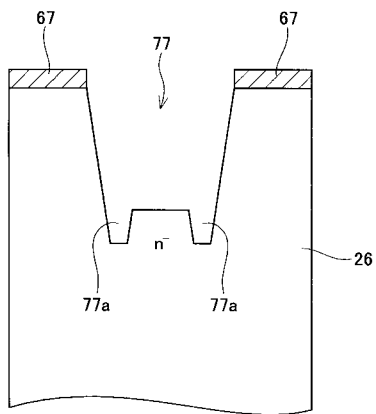
【図 27】



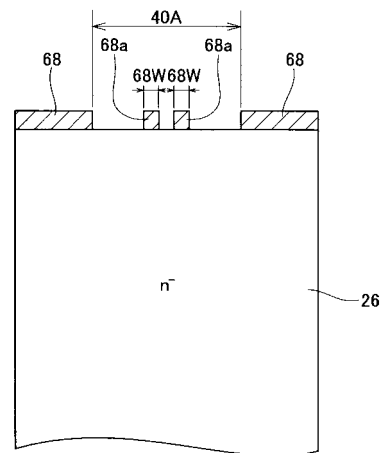
【図 28】



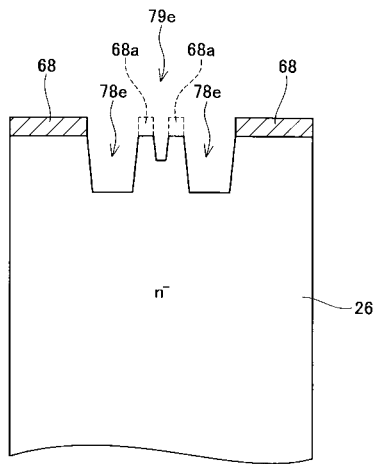
【図 29】



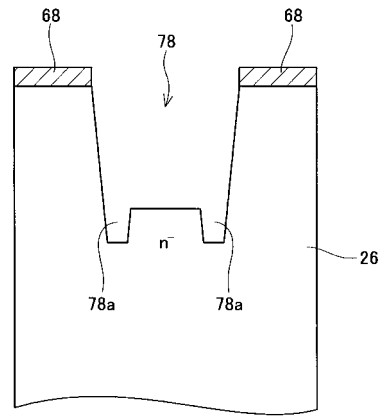
【図 30】



【図 3 1】

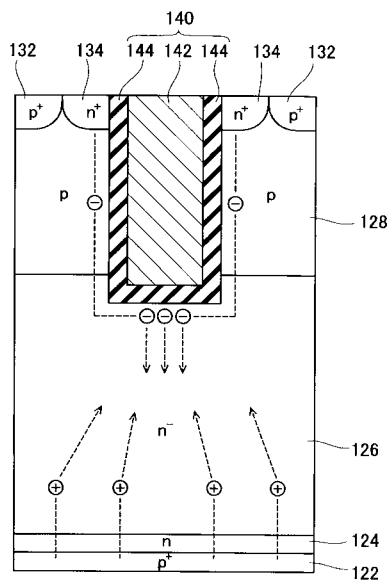


【図 3 2】



【図 3 3】

100



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)
H 0 1 L 29/78 6 5 8 F

- (72)発明者 杉山 隆英
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
- (72)発明者 西脇 剛
愛知県豊田市トヨタ町1 番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 添野 明高
愛知県豊田市トヨタ町1 番地 トヨタ自動車株式会社内