

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6142813号
(P6142813)

(45) 発行日 平成29年6月7日(2017.6.7)

(24) 登録日 平成29年5月19日(2017.5.19)

(51) Int.Cl.	F 1
HO1L 29/78 (2006.01)	HO1L 29/78 657F
HO1L 29/739 (2006.01)	HO1L 29/78 653A
HO1L 21/336 (2006.01)	HO1L 29/78 655D
	HO1L 29/78 657D
	HO1L 29/78 655F

請求項の数 1 (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2014-23867 (P2014-23867)	(73) 特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
(22) 出願日	平成26年2月10日 (2014.2.10)	(74) 代理人	110000110 特許業務法人快友国際特許事務所
(65) 公開番号	特開2015-153785 (P2015-153785A)	(72) 発明者	木村 圭佑 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(43) 公開日	平成27年8月24日 (2015.8.24)	(72) 発明者	亀山 悟 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
審査請求日	平成28年4月7日 (2016.4.7)	審査官	恩田 和彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】半導体装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

I G B T が形成されているメイン I G B T 領域と、ダイオードが形成されているメインダイオード領域と、I G B T が形成されているセンス I G B T 領域と、ダイオードが形成されているセンスダイオード領域を有する半導体基板を有する半導体装置であって、

前記センス I G B T 領域の面積は、前記メイン I G B T 領域よりも小さく、

前記センスダイオード領域の面積は、前記メインダイオード領域よりも小さく、

前記センス I G B T 領域内に、

前記半導体基板の表面に露出する n 型のエミッタ領域と、

前記エミッタ領域に接する p 型のボディ領域と、

前記ボディ領域によって前記エミッタ領域から分離されている n 型の I G B T ドリフト領域と、

前記半導体基板の裏面に露出しており、前記 I G B T ドリフト領域によって前記ボディ領域から分離されている p 型のコレクタ領域と、

前記ボディ領域に接するゲート絶縁膜と、

前記ゲート絶縁膜を介して前記ボディ領域に対向するゲート電極、

が形成されており、

前記センスダイオード領域内に、

前記半導体基板の前記表面に露出する p 型のアノード領域と、

前記アノード領域に接する n 型のダイオードドリフト領域と、

10

20

前記ダイオードドリフト領域によって前記アノード領域から分離されており、前記半導体基板の前記裏面に露出しており、前記ダイオードドリフト領域よりもn型不純物濃度が高いn型のカソード領域、

が形成されており、

前記IGBTドリフト領域及び前記ダイオードドリフト領域によって前記ボディ領域が前記アノード領域から分離されており、

前記IGBTドリフト領域と前記ダイオードドリフト領域の間に、前記IGBTドリフト領域及び前記ダイオードドリフト領域よりもn型不純物濃度が高い高濃度n型領域が形成されており、

前記高濃度n型領域が、半導体基板の上面から、前記IGBTドリフト領域及び前記ダイオードドリフト領域の厚み方向の中央部よりも深い位置まで伸びている、

半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本明細書が開示する技術は、半導体装置に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1には、IGBTとダイオードが同一の半導体基板に形成された半導体装置が開示されている。また、この半導体基板には、主電流が流れるメインIGBTとは別に、より小さい電流が流れるセンスIGBTが形成されている。センスIGBTに流れる電流を検出することで、メインIGBTに流れる電流を検出することができる。また、この半導体基板には、主電流が流れるメインダイオードとは別に、より小さい電流が流れるセンスダイオードが形成されている。また、センスダイオードに流れる電流を検出することで、メインダイオードに流れる電流を検出することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】国際公開第2011/138832号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上述した半導体装置において、センスIGBT及びセンスダイオードの検出精度をより向上させることが望まれる。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本明細書が開示する第1の半導体装置は、IGBTが形成されているメインIGBT領域と、ダイオードが形成されているメインダイオード領域と、IGBTが形成されているセンスIGBT領域と、ダイオードが形成されているセンスダイオード領域を有する半導体基板を有する。前記センスIGBT領域の面積は、前記メインIGBT領域よりも小さい。前記センスダイオード領域の面積は、前記メインダイオード領域よりも小さい。前記センスIGBT領域と前記センスダイオード領域に跨って、n型領域が形成されている。前記センスIGBT領域内に、前記半導体基板の表面に露出するn型のエミッタ領域と、前記エミッタ領域に接するp型のボディ領域と、前記ボディ領域によって前記エミッタ領域から分離されている前記n型領域と、前記半導体基板の裏面に露出しており、前記n型領域によって前記ボディ領域から分離されているp型のコレクタ領域と、前記ボディ領域に接するゲート絶縁膜と、前記ゲート絶縁膜を介して前記ボディ領域に対向するゲート電極が形成されている。前記センスダイオード領域内に、前記半導体基板の前記表面に露出するp型のアノード領域と、前記アノード領域に接しており、前記半導体基板の前記裏面に露出している前記n型領域が形成されている。前記n型領域によって前記ボディ領域が

10

20

30

40

50

前記アノード領域から分離されている。前記ボディ領域と前記アノード領域の間の間隔が、前記ボディ領域と前記アノード領域の間の前記n型領域における電子の移動度と電子のライフタイムの積よりも長い。前記n型領域によって前記アノード領域が前記コレクタ領域から分離されている。前記アノード領域と前記コレクタ領域の間の間隔が、前記アノード領域と前記コレクタ領域の間の前記n型領域における電子の移動度と電子のライフタイムの積よりも長い。前記コレクタ領域の前記センスダイオード領域側の端部と前記ボディ領域の間の間隔が、前記端部と前記ボディ領域の間の前記n型領域における電子の移動度と電子のライフタイムの積よりも長い。

【0006】

なお、本明細書において、「面積」とは、半導体基板をその厚み方向に沿って見たときにおける面積を意味する。 10

【0007】

この半導体装置では、ボディ領域とアノード領域の間の間隔が、それらの間のn型領域における電子の移動度と電子のライフタイムの積よりも長い。このため、ボディ領域とアノード領域の間でキャリアが移動することが抑制される。また、この半導体装置では、アノード領域とコレクタ領域の間の間隔が、それらの間のn型領域における電子の移動度と電子のライフタイムの積よりも長い。このため、アノード領域とコレクタ領域の間でキャリアが移動することが抑制される。また、この半導体装置では、コレクタ領域のセンスダイオード領域側の端部とボディ領域の間の間隔が、前記端部とボディ領域の間のn型領域における電子の移動度と電子のライフタイムの積よりも長い。コレクタ領域のセンスダイオード領域側では、n型領域が半導体基板の裏面に露出している。この露出しているn型領域は、ダイオードのいわゆるカソードとして機能する。すなわち、前記端部とボディ領域の間の間隔は、ダイオードのカソードとボディ領域の間の間隔に相当する。この間隔が、n型領域における電子の移動度と電子のライフタイムの積よりも長いので、カソードとボディ領域の間でキャリアが移動することが抑制される。このように、この半導体装置では、センスIGBT領域とセンスダイオード領域の間でキャリアが移動することが抑制される。すなわち、センスIGBTとセンスダイオードの間での電流干渉が抑制される。したがって、センスIGBT領域及びセンスダイオード領域の電流を正確に検出できる。 20

【0008】

上述した半導体装置は、前記センスダイオード領域を挟んで前記センスIGBT領域の反対側に位置する領域において前記半導体基板の前記裏面に露出している外部p型領域をさらに有していてもよい。また、前記n型領域によって前記アノード領域が前記外部p型領域から分離されており、前記アノード領域と前記外部p型領域の間の間隔が、前記アノード領域と前記外部p型領域の間の前記n領域における電子の移動度と電子のライフタイムの積よりも長くてもよい。 30

【0009】

このような構成によれば、アノード領域と外部p型領域の間でキャリアが移動することを抑制することができる。

【0010】

本明細書が開示する第2の半導体装置は、IGBTが形成されているメインIGBT領域と、ダイオードが形成されているメインダイオード領域と、IGBTが形成されているセンスIGBT領域と、ダイオードが形成されているセンスダイオード領域を有する半導体基板を有する。前記センスIGBT領域の面積は、前記メインIGBT領域よりも小さい。前記センスダイオード領域の面積は、前記メインダイオード領域よりも小さい。前記センスIGBT領域内に、前記半導体基板の表面に露出するn型のエミッタ領域と、前記エミッタ領域に接するp型のボディ領域と、前記ボディ領域によって前記エミッタ領域から分離されているIGBTドリフト領域と、前記半導体基板の裏面に露出しており、前記IGBTドリフト領域によって前記ボディ領域から分離されているp型のコレクタ領域と、前記ボディ領域に接するゲート絶縁膜と、前記ゲート絶縁膜を介して前記ボディ領域に対向するゲート電極が形成されている。前記センスダイオード領域内に、前記半導体基板 40

の前記表面上に露出する p 型のアノード領域と、前記アノード領域に接するダイオードドリフト領域と、前記ダイオードドリフト領域によって前記アノード領域から分離されており、前記半導体基板の前記裏面に露出しており、前記ダイオードドリフト領域よりも n 型不純物濃度が高い n 型のカソード領域が形成されている。前記 IGBT ドリフト領域及び前記ダイオードドリフト領域によって前記ボディ領域が前記アノード領域から分離されている。前記 IGBT ドリフト領域と前記ダイオードドリフト領域の間に、前記 IGBT ドリフト領域及び前記ダイオードドリフト領域よりも n 型不純物濃度が高い高濃度 n 型領域が形成されている。

【 0011 】

n 型不純物濃度が高い高濃度 n 型領域では n 型不純物や欠陥によってキャリアが散乱される。この半導体装置では、IGBT ドリフト領域とダイオードドリフト領域の間に高濃度 n 型領域が形成されているので、センス IGBT 領域とセンスダイオード領域の間でキャリアが移動することが抑制される。したがって、センス IGBT 領域及びセンスダイオード領域の電流を正確に検出できる。

10

【 0012 】

前記半導体装置においては、前記高濃度 n 型領域が、半導体基板の上面から、前記 IGBT ドリフト領域及び前記ダイオードドリフト領域の厚み方向の中央部よりも深い位置まで伸びていてもよい。

【 0013 】

本明細書が開示する第 3 の半導体装置は、IGBT が形成されているメイン IGBT 領域と、ダイオードが形成されているメインダイオード領域と、IGBT が形成されているセンス IGBT 領域と、ダイオードが形成されているセンスダイオード領域を有する半導体基板を有する。前記センス IGBT 領域の面積は、前記メイン IGBT 領域よりも小さい。前記センスダイオード領域の面積は、前記メインダイオード領域よりも小さい。前記センス IGBT 領域内に、前記半導体基板の表面に露出する n 型のエミッタ領域と、前記エミッタ領域に接する p 型のボディ領域と、前記ボディ領域によって前記エミッタ領域から分離されている IGBT ドリフト領域と、前記半導体基板の裏面に露出しており、前記 IGBT ドリフト領域によって前記ボディ領域から分離されている p 型のコレクタ領域と、前記ボディ領域に接するゲート絶縁膜と、前記ゲート絶縁膜を介して前記ボディ領域に対向するゲート電極が形成されている。前記センスダイオード領域内に、前記半導体基板の前記表面上に露出する p 型のアノード領域と、前記アノード領域に接するダイオードドリフト領域と、前記ダイオードドリフト領域によって前記アノード領域から分離されており、前記半導体基板の前記裏面に露出しており、前記ダイオードドリフト領域よりも n 型不純物濃度が高い n 型のカソード領域が形成されている。前記 IGBT ドリフト領域及び前記ダイオードドリフト領域によって前記ボディ領域が前記アノード領域から分離されている。前記 IGBT ドリフト領域と前記ダイオードドリフト領域の間に、絶縁層が形成されている。

20

30

【 0014 】

この半導体装置では、IGBT ドリフト領域とダイオードドリフト領域の間に絶縁層が形成されているので、センス IGBT 領域とセンスダイオード領域の間でキャリアが移動することが抑制される。したがって、センス IGBT 領域及びセンスダイオード領域の電流を正確に検出できる。

40

【 0015 】

上述した半導体装置においては、前記絶縁層が、半導体基板の上面から、前記 IGBT ドリフト領域及び前記ダイオードドリフト領域の厚み方向の中央部よりも深い位置まで伸びていてもよい。

【 図面の簡単な説明 】

【 0016 】

【 図 1 】半導体装置 10 の平面図。

【 図 2 】図 1 の II - II 線における縦断面図。

50

【図3】図1のI—I—I—I—I—I線における縦断面図。

【図4】実施例2の半導体装置の図2に対応する縦断面図。

【図5】実施例3の半導体装置の図2に対応する縦断面図。

【発明を実施するための形態】

【実施例1】

【0017】

図1に示す実施例の半導体装置10は、メインIGBT領域20と、メインダイオード領域40と、センスIGBT領域60と、センスダイオード領域80が形成された半導体基板12を有している。以下では、メインIGBT領域20とメインダイオード領域40をまとめて、メイン領域という場合がある。また、以下では、センスIGBT領域60とセンスダイオード領域80をまとめて、センス領域という場合がある。メイン領域は、半導体基板12の略中央部に形成されている。メイン領域内には、複数のメインIGBT領域20と複数のメインダイオード領域40が交互に繰り返し形成されている。センス領域は、メイン領域の外側に形成されている。図1に示すように、半導体基板12の表面を平面視した際に、センスIGBT領域60の面積はメインIGBT領域20の面積よりも小さい。各IGBTがオンした場合には、センスIGBT領域60には、メインIGBT領域20に対する面積比率に応じた電流が流れる。したがって、センスIGBT領域60に流れる電流を検出することで、その時にメインIGBT領域20に流れる電流を検出することができる。また、図1に示すように、半導体基板12の表面を平面視した際に、センスダイオード領域80の面積はメインダイオード領域40の面積よりも小さい。したがって、各ダイオードがオンした場合には、センスダイオード領域80には、メインダイオード領域40に対する面積比率に応じた電流が流れる。したがって、センスダイオード領域80に流れる電流を検出することで、メインダイオード領域40に流れる電流を検出することができる。

【0018】

図2は、センス領域の断面構造を示している。センス領域内においては、半導体基板12の表面に表面電極15が形成されており、半導体基板12の裏面に裏面電極16が形成されている。

【0019】

センスIGBT領域60内の半導体基板12内には、エミッタ領域62、ボディ領域64、ドリフト領域66、コレクタ領域68が形成されている。

【0020】

エミッタ領域62は、n型領域であり、半導体基板12の上面に露出する範囲に形成されている。エミッタ領域62は、表面電極15に対してオーミック接続されている。

【0021】

ボディ領域64は、p型領域であり、半導体基板12の上面に露出する範囲に形成されている。ボディ領域64は、エミッタ領域62の側方からエミッタ領域62の下側まで伸びている。ボディ領域64は、表面電極15に対してオーミック接続されている。

【0022】

ドリフト領域66は、n型領域であり、ボディ領域64の下側に形成されている。ドリフト領域66は、ボディ領域64によってエミッタ領域62から分離されている。ドリフト領域66のn型不純物濃度は、 1.4×10^{14} atoms/cm³未満であることが好ましい。

【0023】

コレクタ領域68は、p型領域であり、ドリフト領域66の下側に形成されている。コレクタ領域68は、半導体基板12の下面に露出する範囲に形成されている。コレクタ領域68は、裏面電極16に対してオーミック接続されている。コレクタ領域68は、ドリフト領域66によって、ボディ領域64から分離されている。

【0024】

センスIGBT領域60内の半導体基板12の上面には、複数のトレンチが形成されて

いる。各トレンチは、エミッタ領域 6 2 に隣接する位置に形成されている。各トレンチは、ドリフト領域 6 6 に達する深さまで伸びている。

【 0 0 2 5 】

センス I G B T 領域 6 0 内の各トレンチの内面は、ゲート絶縁膜 7 2 によって覆われている。また、各トレンチ内には、ゲート電極 7 4 が配置されている。各ゲート電極 7 4 は、ゲート絶縁膜 7 2 によって半導体基板 1 2 から絶縁されている。各ゲート電極 7 4 は、ゲート絶縁膜 7 2 を介して、エミッタ領域 6 2 、ボディ領域 6 4 及びドリフト領域 6 6 に対向している。各ゲート電極 7 4 の上部には、絶縁膜 7 6 が形成されている。各ゲート電極 7 4 は、絶縁膜 7 6 によって表面電極 1 5 から絶縁されている。

【 0 0 2 6 】

センスダイオード領域 8 0 内の半導体基板 1 2 内には、アノード領域 8 2 、ドリフト領域 6 6 及びカソード領域 8 4 が形成されている。

【 0 0 2 7 】

アノード領域 8 2 は、半導体基板 1 2 の上面に露出する範囲に形成されている。アノード領域 8 2 は、表面電極 1 5 に対してオーミック接続されている。

【 0 0 2 8 】

アノード領域 8 2 の下側には、上述したドリフト領域 6 6 が形成されている。

【 0 0 2 9 】

カソード領域 8 4 は、n 型領域であり、センスダイオード領域 8 0 内ドリフト領域 6 6 の下側に形成されている。カソード領域 8 4 は、半導体基板 1 2 の下面に露出する範囲に形成されている。カソード領域 8 4 は、ドリフト領域 6 6 よりも高い n 型不純物濃度を有している。カソード領域 8 4 の n 型不純物濃度は、 1×10^{18} atoms / cm³ 以上であることが好ましい。カソード領域 8 4 は、裏面電極 1 6 に対してオーミック接続されている。

【 0 0 3 0 】

センス I G B T 領域 6 0 とセンスダイオード領域 8 0 の間の分離領域 9 0 には、上述したドリフト領域 6 6 が形成されている。すなわち、ドリフト領域 6 6 は、センス I G B T 領域 6 0 内からセンスダイオード領域 8 0 内まで連続して伸びている。すなわち、ドリフト領域 6 6 とカソード領域 8 4 からなる n 型領域は、センス I G B T 領域 6 0 からセンスダイオード領域 8 0 に跨って延びている。分離領域 9 0 内のドリフト領域 6 6 によって、ボディ領域 6 4 がアノード領域 8 2 から分離されている。また、分離領域 9 0 内のドリフト領域 6 6 によって、ボディ領域 6 4 がカソード領域 8 4 から分離されている。また、分離領域 9 0 内のドリフト領域 6 6 によって、アノード領域 8 2 がコレクタ領域 6 8 から分離されている。また、コレクタ領域 6 8 は分離領域 9 0 内まで伸びており、カソード領域 8 4 は分離領域 9 0 内まで伸びている。分離領域 9 0 内には、コレクタ領域 6 8 とカソード領域 8 4 の境界 7 8 が形成されている。

【 0 0 3 1 】

また、半導体基板 1 2 の裏面に露出する範囲であって、カソード領域 8 4 を挟んでコレクタ領域 6 8 の反対側に位置する領域には、外部 p 型領域 9 2 が形成されている。すなわち、カソード領域 8 4 は、外部 p 型領域 9 2 とコレクタ領域 6 8 の間に位置している。外部 p 型領域 9 2 は、ドリフト領域 6 6 によってアノード領域 8 2 から分離されている。

【 0 0 3 2 】

ボディ領域 6 4 とアノード領域 8 2 の間の距離 A (最短距離) は、ドリフト領域 6 6 の電子の移動度とドリフト領域 6 6 の電子のライフタイムの積よりも長い。このため、ボディ領域 6 4 とアノード領域 8 2 の間で電子が流れることが防止される。また、ドリフト領域 6 6 におけるホールの移動度は電子よりも小さいので、ボディ領域 6 4 とアノード領域 8 2 の間でホールが流れることも防止される。したがって、ボディ領域 6 4 とアノード領域 8 2 の間で電流が流れることが防止される。

【 0 0 3 3 】

アノード領域 8 2 とコレクタ領域 6 8 の間の距離 B (最短距離) は、ドリフト領域 6 6

10

20

30

40

50

の電子の移動度とドリフト領域 6 6 の電子のライフタイムの積よりも長い。このため、アノード領域 8 2 とコレクタ領域 6 8 の間で電子が流れることが防止される。また、ドリフト領域 6 6 におけるホールの移動度は電子よりも小さいので、アノード領域 8 2 とコレクタ領域 6 8 の間でホールが流れることも防止される。したがって、アノード領域 8 2 とコレクタ領域 6 8 の間で電流が流れることが防止される。

【 0 0 3 4 】

ボディ領域 6 4 とカソード領域 8 4 の間の距離 C (最短距離) は、ドリフト領域 6 6 の電子の移動度とドリフト領域 6 6 の電子のライフタイムの積よりも長い。このため、ボディ領域 6 4 とカソード領域 8 4 の間で電子が流れることが防止される。また、ドリフト領域 6 6 におけるホールの移動度は電子よりも小さいので、ボディ領域 6 4 とカソード領域 8 4 の間でホールが流れることも防止される。したがって、ボディ領域 6 4 とカソード領域 8 4 の間で電流が流れることが防止される。なお、ドリフト領域 6 6 とカソード領域 8 4 を共通の n 型領域として見た場合には、上述した距離 C は、ボディ領域 6 4 とコレクタ領域 6 8 の端面 7 8 との間の距離とも言える。

10

【 0 0 3 5 】

アノード領域 8 2 と外部 p 型領域 9 2 の間の距離 G (最短距離) は、ドリフト領域 6 6 の電子の移動度とドリフト領域 6 6 の電子のライフタイムの積よりも長い。このため、アノード領域 8 2 と外部 p 型領域 9 2 の間で電子が流れることが防止される。また、ドリフト領域 6 6 におけるホールの移動度は電子よりも小さいので、アノード領域 8 2 と外部 p 型領域 9 2 の間でホールが流れることも防止される。したがって、アノード領域 8 2 と外部 p 型領域 9 2 の間で電流が流れることが防止される。

20

【 0 0 3 6 】

図 3 は、メイン領域 (メイン I G B T 領域 2 0 とメインダイオード領域 4 0) の断面構造を示している。メイン領域内の半導体基板 1 2 の表面には、表面電極 1 4 が形成されている。半導体基板 1 2 上においては、表面電極 1 4 は、上述した表面電極 1 5 から分離されている。メイン領域内の半導体基板 1 2 の裏面には、センス領域と共に裏面電極 1 6 が形成されている。また、メイン領域内にも、上述したドリフト領域 2 6 が形成されている。すなわち、ドリフト領域 6 6 は、メイン領域からセンス領域に跨って伸びている。メイン I G B T 領域 2 0 の構造は、センス I G B T 領域 6 0 と略等しい。すなわち、メイン I G B T 領域 2 0 内のエミッタ領域 2 2 、ボディ領域 2 4 、コレクタ領域 4 4 、ゲート電極 3 4 、ゲート絶縁膜 3 2 及び絶縁膜 3 6 は、センス I G B T 領域 6 0 と略同様の構成を備えている。また、メインダイオード領域 4 0 の構造は、センスダイオード領域 8 0 と略等しい。すなわち、メインダイオード領域 4 0 内のアノード領域 4 2 及びカソード領域 3 0 は、センスダイオード領域 8 0 と略同様の構成を備えている。なお、メインダイオード領域 4 0 内にも、上述したゲート電極 3 4 及びゲート絶縁膜 3 2 が形成されている。但し、他の実施例においては、メインダイオード領域 4 0 内にゲート電極 3 4 及びゲート絶縁膜 3 2 が形成されていなくてもよい。

30

【 0 0 3 7 】

次に、センス領域の I G B T の動作について説明する。裏面電極 1 6 が表面電極 1 5 に対して高電位であり、ゲート電極 7 4 に閾値以上の電位が印加されると、センス I G B T 領域 6 0 内の I G B T がオンする。すなわち、ゲート絶縁膜 7 2 の近傍のボディ領域 6 4 にチャネルが形成され、電子が、表面電極 1 5 から、エミッタ領域 6 2 、チャネル、ドリフト領域 6 6 及びコレクタ領域 6 8 を経由して、裏面電極 1 6 に流れる。また、ホールが、裏面電極 1 6 から、コレクタ領域 6 8 、ドリフト領域 6 6 及びボディ領域 6 4 を経由して、表面電極 1 5 に流れる。このため、センス I G B T 領域 6 0 内では、裏面電極 1 6 から表面電極 1 5 に向かって電流が流れる。このとき、センスダイオード領域 8 0 内のダイオードには逆電圧が印加されるので、ダイオードはオフしている。すなわち、センスダイオード領域 8 0 には電流が流れない。ここで、上述した距離 A 、 B 、 C が、電流が流れない距離に設定されているので、センス I G B T 領域 6 0 とセンスダイオード領域 8 0 の間で電流が流れることが防止される。すなわち、センス I G B T 領域 6 0 とセンスダイオード領域 8 0 の間で電流が流れることが防止される。

40

50

ド領域 8 0 の間での電流の干渉が防止される。

【 0 0 3 8 】

このとき、メイン領域内の IGBT 及びダイオードは、センス領域内の IGBT 及びダイオードと同様に動作する。したがって、センス領域内の IGBT に電流が流れる際には、メイン領域内の IGBT にも電流が流れる。上記の通り、センス領域における電流干渉が防止されるので、センス IGBT 領域 6 0 に流れる電流とメイン IGBT 領域 2 0 に流れる電流との比率は、センス IGBT 領域 6 0 の面積とメイン IGBT 領域 2 0 の面積との比率により近くなる。したがって、センス IGBT 領域 6 0 に流れる電流（すなわち、センス領域の表面電極 1 5 に流れる電流）を検出することで、メイン IGBT 領域 2 0 に流れる電流を正確に検出することができる。

10

【 0 0 3 9 】

次に、センス領域のダイオードの動作について説明する。表面電極 1 5 が裏面電極 1 6 に対して高電位になると、センスダイオード領域 8 0 内のダイオードがオンする。すなわち、電子が、裏面電極 1 6 から、カソード領域 8 4 、ドリフト領域 6 6 及びアノード領域 8 2 を経由して表面電極 1 5 に流れる。また、ホールが、表面電極 1 5 から、アノード領域 8 2 、ドリフト領域 6 6 及びカソード領域 8 4 を経由して裏面電極 1 6 に流れる。このため、センスダイオード領域 8 0 内では、表面電極 1 5 から裏面電極 1 6 に向かって電流が流れる。このとき、センス IGBT 領域 6 0 内の IGBT には逆電圧が印加されるので、IGBT はオフしている。すなわち、センス IGBT 領域 6 0 には電流が流れない。ここで、上述した距離 A 、 B 、 C が、電流が流れない距離に設定されているので、センス IGBT 領域 6 0 とセンスダイオード領域 8 0 の間で電流が流れることが防止される。また、上述した距離 G が、電流が流れない距離に設定されているので、アノード領域 8 2 と外部 p 型領域 9 2 の間電流が流れることが防止される。すなわち、センスダイオード領域 8 0 とその周囲の領域（すなわち、センス IGBT 領域 6 0 及び外部 p 型領域 9 2 ）の間での電流の干渉が防止される。

20

【 0 0 4 0 】

このとき、メイン領域内の IGBT 及びダイオードは、センス領域内の IGBT 及びダイオードと同様に動作する。したがって、センス領域内のダイオードに電流が流れる際には、メイン領域内のダオイードにも電流が流れる。上記の通り、センス領域における電流干渉が防止されるので、センスダイオード領域 8 0 に流れる電流とメインダイオード領域 4 0 に流れる電流との比率は、センスダイオード領域 8 0 の面積とメインダイオード領域 4 0 の面積との比率により近くなる。したがって、センスダイオード領域 8 0 に流れる電流（すなわち、センス領域の表面電極 1 5 に流れる電流）を検出することで、メインダイオード領域 4 0 に流れる電流を正確に検出することができる。

30

【 0 0 4 1 】

なお、電子の移動度は温度によって変化する。したがって、半導体装置 1 0 の動作時の温度に基づいて前記距離 A 、 B 、 C を設定することが好ましい。例えば、半導体基板 1 2 がシリコンであり、半導体基板 1 2 の厚さが $165 \mu\text{m}$ であり、動作温度が 150°C であり、ドリフト領域 6 6 の n 型不純物濃度が $1 \times 10^{15} \sim 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ である場合には、図 2 に示す距離 D 、 E 、 F をそれぞれ $580 \mu\text{m}$ 以上とすることで、上述した距離 A 、 B 、 C 、 G を電流干渉が生じない距離とすることができます。なお、距離 D は、ボディ領域 6 4 と境界 7 8 の間の横方向（半導体基板 1 2 の裏面に平行な方向）の距離であり、距離 E はアノード領域 8 2 と境界 7 8 の間の横方向の距離であり、距離 F はアノード領域 8 2 と外部 p 型領域 9 2 の間の横方向の距離である。

40

【 実施例 2 】

【 0 0 4 2 】

実施例 2 の半導体装置の構成は、高濃度 n 型領域 1 0 0 、 1 0 2 を除いて、実施例 1 の半導体装置 1 0 と等しい。実施例 2 の半導体装置では、図 4 に示すように、分離領域 9 0 内の半導体基板 1 2 内に、高濃度 n 型領域 1 0 0 が形成されている。高濃度 n 型領域 1 0 0 は、ドリフト領域 6 6 よりも高い n 型不純物濃度を有している。高濃度 n 型領域 1 0 0

50

のn型不純物濃度は、 1×10^{16} atoms/cm³以上であることが好ましい。高濃度n型領域100は、半導体基板12の表面からコレクタ領域68とカソード領域84の境界78まで伸びている。このため、ドリフト領域66が、IGBTドリフト領域66aとダイオードドリフト領域66bに分離されている。また、高濃度n型領域100と略同様の高濃度n型領域102が、外部p型領域92とカソード領域84の境界上にも形成されている。なお、実施例2の半導体装置では、上述した距離A～Gは、どのように設定されていてもかまわない。

【0043】

上述した高濃度n型領域100、102は、高濃度のn型不純物を有している。n型不純物は、キャリアを散乱する。高濃度n型領域100はセンスIGBT領域60とセンスダイオード領域80の間に形成されているので、高濃度n型領域100によってセンスIGBT領域60とセンスダイオード領域80の間の電流干渉が防止される。また、高濃度n型領域102はセンスダイオード領域80と外部p型領域92の間に形成されているので、高濃度n型領域100によってセンスダイオード領域80と外部p型領域92の間の電流干渉が防止される。したがって、センスIGBT領域60の電流を検出することで、メインIGBT領域20の電流を正確に検出することができる。また、センスダイオード領域80の電流を検出することで、メインダイオード領域40の電流を正確に検出することができる。

【0044】

なお、図4では、高濃度n型領域100、102が半導体基板12の表面から裏面側の領域（すなわち、コレクタ領域68、カソード領域84及び外部p型領域92）まで伸びているが、高濃度n型領域100がより浅い領域にのみ形成されていてもよい。すなわち、半導体基板12の表面から所定の深さまで高濃度n型領域が形成されており、その高濃度n型領域の下側にドリフト領域66が形成されていてもよい（すなわち、IGBTドリフト領域66aとダイオードドリフト領域66bが完全に分離されていなくてもよい）。但し、この場合には、高濃度n型領域100、102は、半導体基板12の表面から、ドリフト領域66の厚み方向の中央よりも深い位置まで伸びていることが好ましい。この程度の深さまで高濃度n型領域を形成しておくことで、効果的に電流干渉を抑制することができる。また、図4では、高濃度n型領域100、102が半導体基板12の表面に露出するように形成されていたが、高濃度n型領域の上端が半導体基板12の内部に位置していてもよい。この場合、高濃度n型領域の上端と半導体基板12の表面の間に他の半導体層（例えば、ドリフト領域66）が存在することになる。このような構成でも、高濃度n型領域の上端と半導体基板12の表面の間の間隔が極めて短ければ、電流干渉を十分に抑制することができる。

【実施例3】

【0045】

実施例3の半導体装置の構成は、絶縁層110、112を除いて、実施例1の半導体装置10と等しい。実施例3の半導体装置では、図5に示すように、分離領域90内の半導体基板12の表面にトレンチが形成されており、そのトレンチ内に絶縁層110が形成されている。絶縁層110は、半導体基板12の表面からドリフト領域66内に伸びている。絶縁層110の下端の下側には、ドリフト領域66が存在している。すなわち、実施例3では、IGBTドリフト領域66aとダイオードドリフト領域66bは完全には分離されていない。また、絶縁層110と同様の絶縁層112が、外部p型領域92とカソード領域84の境界上にも形成されている。なお、実施例3の半導体装置では、上述した距離A～Gは、どのように設定されていてもかまわない。

【0046】

絶縁層110はセンスIGBT領域60とセンスダイオード領域80の間に形成されているので、絶縁層110によってセンスIGBT領域60とセンスダイオード領域80の間の電流干渉が防止される。また、絶縁層112はセンスダイオード領域80と外部p型領域92の間に形成されているので、絶縁層112によってセンスダイオード領域80と

10

20

30

40

50

外部 p 型領域 9 2 の間の電流干渉が防止される。したがって、センス I G B T 領域 6 0 の電流を検出することで、メイン I G B T 領域 2 0 の電流を正確に検出することができる。また、センスダイオード領域 8 0 の電流を検出することで、メインダイオード領域 4 0 の電流を正確に検出することができる。

【 0 0 4 7 】

なお、実施例 3 では、絶縁層 1 1 0、1 1 2 は、半導体基板 1 2 の表面から、ドリフト領域 6 6 の厚み方向の中央よりも深い位置まで伸びていることが好ましい。この程度の深さまで絶縁層を形成しておくことで、効果的に電流干渉を抑制することができる。また、絶縁層 1 1 0、1 1 2 がドリフト層 6 6 を貫通していてもよい。また、図 5 では、絶縁層 1 1 0、1 1 2 が半導体基板 1 2 の表面に露出するように形成されていたが、絶縁層の上端が半導体基板 1 2 の内部に位置していてもよい。すなわち、絶縁層が半導体基板 1 2 内に埋め込まれていてもよい。この場合、絶縁層の上端と半導体基板 1 2 の表面の間に他の半導体層（例えば、ドリフト領域 6 6 ）が存在することになる。このような構成でも、絶縁層の上端と半導体基板 1 2 の表面の間の間隔が極めて短ければ、電流干渉を十分に抑制することができる。

【 0 0 4 8 】

なお、上述した実施例 1 ~ 3 では、トレンチ型のゲート電極を有する半導体装置について説明したが、プレーナ型のゲート電極を有する半導体装置に本明細書に開示の技術を適用してもよい。

【 0 0 4 9 】

また、別の実施例では、コレクタ領域 6 8、カソード領域 8 4 及び外部 p 型領域 9 2 の上側に、ドリフト領域 6 6 よりも n 型不純物濃度が高い n 型のバッファ領域が形成されていてもよい。すなわち、ドリフト領域 6 6 と領域 6 8、8 4 及び 9 2 との間に、バッファ領域が形成されていてもよい。

【 0 0 5 0 】

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

本明細書または図面に説明した技術要素は、単独あるいは各種の組み合わせによって技術的有用性を発揮するものであり、出願時請求項記載の組み合わせに限定されるものではない。また、本明細書または図面に例示した技術は複数目的を同時に達成するものであり、そのうちの一つの目的を達成すること自体で技術的有用性を持つものである。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 1 】

1 0 : 半導体装置

1 2 : 半導体基板

1 4 : 表面電極

1 5 : 表面電極

1 6 : 裏面電極

2 0 : メイン I G B T 領域

2 2 : エミッタ領域

2 4 : ボディ領域

2 6 : ドリフト領域

3 0 : カソード領域

3 2 : ゲート絶縁膜

3 4 : ゲート電極

3 6 : 絶縁膜

4 0 : メインダイオード領域

4 2 : アノード領域

4 4 : コレクタ領域

10

20

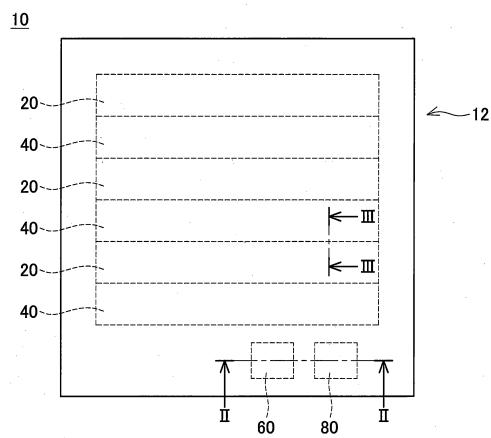
30

40

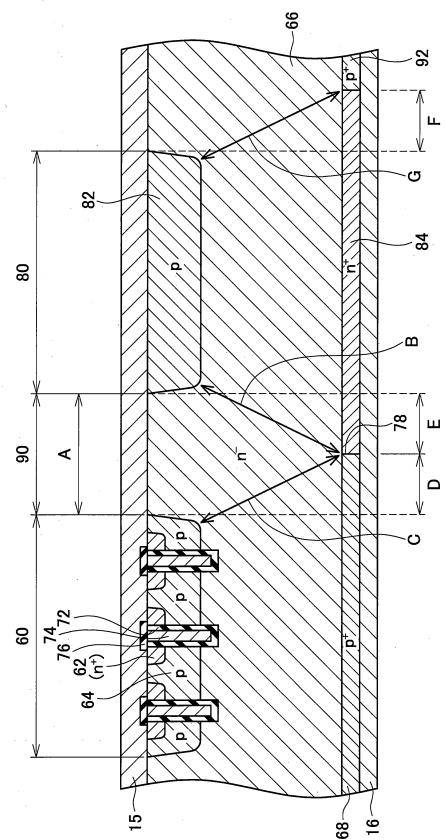
50

6 0 : センス I G B T 領域	
6 2 : エミッタ領域	
6 4 : ボディ領域	
6 6 : ドリフト領域	
6 6 a : I G B T ドリフト領域	10
6 6 b : ダイオードドリフト領域	
6 8 : コレクタ領域	
7 2 : ゲート絶縁膜	
7 4 : ゲート電極	
7 6 : 絶縁膜	
7 8 : 境界	
8 0 : センスダイオード領域	
8 2 : アノード領域	
8 4 : カソード領域	
9 0 : 分離領域	
9 2 : 外部 p 型領域	
1 0 0 : 高濃度 n 型領域	
1 0 2 : 高濃度 n 型領域	
1 1 0 : 絶縁層	
1 1 2 : 絶縁層	20

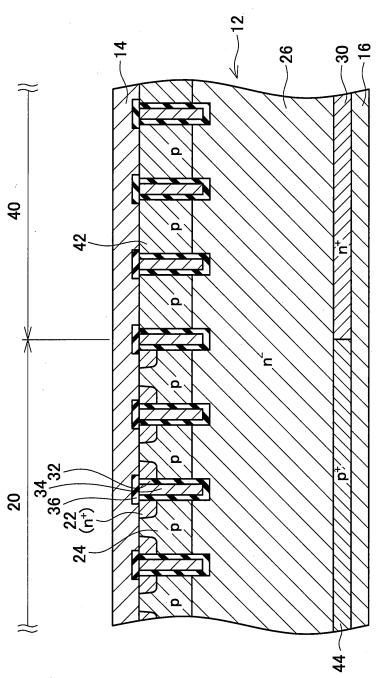
【図 1】



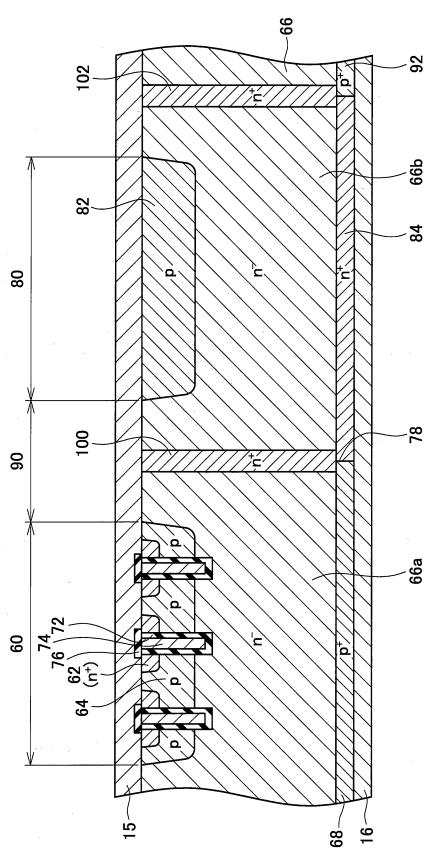
【図 2】



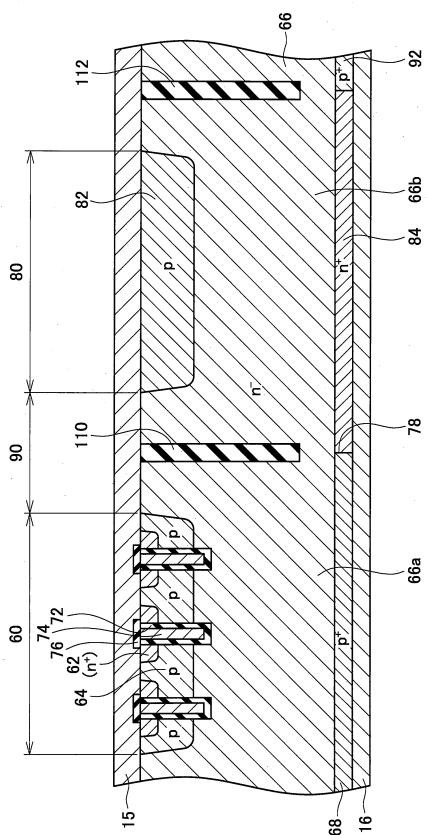
【 3 】



【 四 4 】



【 四 5 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 01 L 29/78 658 L

(56)参考文献 特開2009-099690 (JP, A)
特開2011-082220 (JP, A)
特開2004-173292 (JP, A)
特開平10-261704 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 01 L 27/04
H 01 L 21/336
H 01 L 29/739
H 01 L 29/78