

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5646139号  
(P5646139)

(45) 発行日 平成26年12月24日 (2014. 12. 24)

(24) 登録日 平成26年11月14日 (2014. 11. 14)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 29/78 (2006. 01)	HO 1 L 29/78 6 5 2 C
HO 1 L 29/12 (2006. 01)	HO 1 L 29/78 6 5 2 D
	HO 1 L 29/78 6 5 2 F
	HO 1 L 29/78 6 5 2 T

請求項の数 11 (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願2008-249163 (P2008-249163)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成20年9月26日 (2008. 9. 26)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2010-80786 (P2010-80786A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成22年4月8日 (2010. 4. 8)	(74) 代理人	100108855
審査請求日	平成23年3月23日 (2011. 3. 23)		弁理士 蔵田 昌俊
		(74) 代理人	100088683
			弁理士 中村 誠
		(74) 代理人	100109830
			弁理士 福原 淑弘
		(74) 代理人	100075672
			弁理士 峰 隆司
		(74) 代理人	100103034
			弁理士 野河 信久
		(74) 代理人	100153051
			弁理士 河野 直樹

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】

炭化珪素よりなり、基板表面の法線ベクトルが  $\langle 0\ 0\ 0\ 1 \rangle$  方向もしくは  $\langle 0\ 0\ 0\ -1 \rangle$  方向に対してオフ角度を有する半導体基板と、

前記半導体基板上に形成された第1導電型の半導体層と、

前記半導体層の表面領域内に形成された第2導電型の第1の半導体領域と、

前記第1の半導体領域の表面領域内に形成された第1導電型のソース領域と、

前記半導体層の前記表面領域内に形成され、下部分及び前記下部分上に位置する上部分を含む第2導電型の第2の半導体領域と、

前記半導体層、前記第1の半導体領域及び前記ソース領域上に形成されたゲート絶縁膜と、

前記ゲート絶縁膜上に形成されたゲート電極と、

前記ソース領域及び前記第2の半導体領域上に形成されたソース電極と、

前記半導体基板の裏面に形成されたドレイン電極と、

を備え、

前記第2の半導体領域の上部分の不純物濃度は、前記第2の半導体領域の下部分の不純物濃度よりも高く、

前記第2の半導体領域の下部分の不純物濃度は、前記第1の半導体領域の不純物濃度よりも高く、

前記第2の半導体領域の下部分は、前記第2の半導体領域の底面を含み、

10

20

前記第2の半導体領域の底面は、複数の直線状の辺を有し、

前記第2の半導体領域の底面の少なくとも一つの辺は、前記法線ベクトルの $\langle 0001 \rangle$ 方向もしくは $\langle 000-1 \rangle$ 方向に対する前記オフ角度の方向に対して垂直であり、

前記第2の半導体領域の下部分は、前記ソース領域の側面及び前記第1の半導体領域の側面に接触し、且つ前記第2の半導体領域の底面の位置は、前記第1の半導体領域の底面の位置よりも低く、

前記第2の半導体領域の上部分は、前記ソース領域の側面に接触し、且つ前記第2の半導体領域の上部分の底面の位置は、前記ソース領域の底面の位置よりも高いことを特徴とする半導体装置。

【請求項2】

前記第2の半導体領域の底面は、六角形状であ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】

前記第2の半導体領域の底面は、六角形の各辺を弧状に変形した形状であ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4】

前記第1の半導体領域の下部分は、前記第1の半導体領域の上部分よりも不純物濃度が高いことを特徴とする請求項1乃至3のいずれか一項に記載の半導体装置。

【請求項5】

前記第2の半導体領域の下部分の不純物濃度は、 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上且つ $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか一項に記載の半導体装置。

【請求項6】

前記第2の半導体領域の上部分の不純物濃度は、 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上であることを特徴とする請求項1乃至5のいずれか一項に記載の半導体装置。

【請求項7】

前記オフ角度は8度以下であることを特徴とする請求項1乃至6のいずれか一項に記載の半導体装置。

【請求項8】

前記オフ角度は4度以上であることを特徴とする請求項1乃至6のいずれか一項に記載の半導体装置。

【請求項9】

前記ソース領域の底面は、六角形状であることを特徴とする請求項1乃至8のいずれか一項に記載の半導体装置。

【請求項10】

前記第1の半導体領域の底面は、六角形状であることを特徴とする請求項1乃至9のいずれか一項に記載の半導体装置。

【請求項11】

前記第1導電型はn型であり、前記第2の導電型はp型であることを特徴とする請求項1乃至10のいずれか一項に記載の半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、炭化珪素(SiC)を材料としたパワーデバイスが開発されている。SiCはワイドバンドギャップ半導体であり、シリコンの10倍近い破壊電界強度を有している(非特許文献1参照)。SiCを材料とする半導体デバイスにおいてもシリコンと同様、表面にMOS構造を形成するSiCMOSFETが開発されている。

【0003】

10

20

30

40

50

しかしながらSiCMOSFETではpボディ領域の抵抗率が高い。また、pボディ領域の端部に電界が集中しやすい。このため、アバランシェ降伏時にpボディ領域で電圧降下が起こり、ソース領域とpボディ領域とnベース領域からなる寄生バイポーラトランジスタが動作するという問題があった。更に、このバイポーラトランジスタの温度特性が正であることから正のフィードバックが起こり、特定のセルに電流が集中する。その結果、局所的に高温となり、特定のセルが破壊されやすいという問題があった。

【非特許文献1】SiC素子の基礎と応用、荒井和雄・吉田貞史共編、ページ165～185、出版社：オーム社、発行年：2003年3月

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0004】

本発明は、破壊耐性に優れた良質な半導体装置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】

【0005】

本発明の一視点に係る半導体装置は、炭化珪素よりなり、基板表面の法線ベクトルが $\langle 0001 \rangle$ 方向もしくは $\langle 000-1 \rangle$ 方向に対してオフ角度を有する半導体基板と、前記半導体基板上に形成された第1導電型の半導体層と、前記半導体層の表面領域内に形成された第2導電型の第1の半導体領域と、前記第1の半導体領域の表面領域内に形成された第1導電型のソース領域と、前記半導体層の表面領域内に形成され、前記第1の半導体領域に接し、且つ前記第1の半導体領域の底面よりも低い底面を有する第2導電型の第2の半導体領域と、前記半導体層、前記第1の半導体領域及び前記ソース領域上に形成されたゲート絶縁膜と、前記ゲート絶縁膜上に形成されたゲート電極と、前記ソース領域及び前記第2の半導体領域上に形成されたソース電極と、前記半導体基板の裏面に形成されたドレイン電極と、を備え、前記第2の半導体領域の底面の少なくとも一つの端部は、前記オフ角度の方向に対して垂直であることを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0006】

本発明によれば、破壊耐性に優れた良質な半導体装置を提供することが可能である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0007】

30

以下、本発明の実施形態の詳細を図面を参照して説明する。

【0008】

図1～4を用いて、本実施形態の基本的な構成を説明する。

【0009】

図1は、本実施形態に係る半導体装置の基本的な構造を模式的に示した断面図である。

【0010】

図1に示すように、半導体基板80は六方晶であるSiC結晶で形成され、半導体基板80表面の法線はSiC結晶の $\langle 0001 \rangle$ 方向(c軸方向)から度、例えば4度～8度程度ずれている。このずれの角度(度)をオフ角度と呼ぶ。また、法線方向の単位ベクトルからc軸方向の単位ベクトルを引いたベクトルの方向をオフ角度の方向(オフ角度方向)という。

40

【0011】

半導体基板80上にはn<sup>-</sup>型の半導体層(第1導電型の半導体層)10が設けられている。半導体層10の表面領域内にはp型のpボディ領域(第2導電型の第1の半導体領域)20が形成され、pボディ領域20の表面領域内にはn型のソース領域30が形成されている。なお、pボディ領域20の下部分は上部分よりも不純物濃度が高く、いわゆるレトログレード構造となっている。

【0012】

半導体層10の表面領域内にはp型の半導体領域(第2の半導体領域)40が形成されている。半導体領域40は、pボディ領域20及びソース領域30と接している。また、

50

半導体領域 40 の底面は、p ボディ領域 20 の底面よりも低い。このため、半導体領域 40 の底面は、半導体層 10 中に突出している。また、半導体領域 40 は、 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  程度の不純物濃度を有する  $p^+$  型の半導体領域（第 2 の半導体領域の下部分）40 a と、 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  以上の不純物濃度を有する  $p^{++}$  型の p ボディコンタクト領域（第 2 の半導体領域の上部分）40 b とで形成されている。また、半導体領域 40 a の不純物濃度は、p ボディ領域 20 の不純物濃度よりも高い。また、半導体領域 40 a は半導体層 10 内に突出し、且つ、p ボディ領域 20 よりも高い不純物濃度を有しているので、矢印で示したように、半導体領域 40 a の底面の一边に電界が集中する。

【0013】

半導体層 10、p ボディ領域 20 及びソース領域 30 上にはゲート酸化膜（ゲート絶縁膜）50 が形成されている。ゲート酸化膜 50 上にはゲート電極 60 が形成されている。ソース領域 30 及び半導体領域 40 上にはソース電極 70 が形成されている。また、半導体基板 80 の裏面には、ドレイン電極 90 が形成されている。

【0014】

図 2 は、本実施形態に係る半導体装置の基本的な構造を模式的に示した平面図である。図 3 は、図 2 を線分 A - A で切断した断面図である。簡単のため、ゲート酸化膜 50、ゲート電極 60 及びソース電極 70 等は省略している。

【0015】

図 2 に示すように、半導体領域 40 の底面（パターン）は、直線状の辺を有する正六角形状である。ソース領域 30 及び p ボディ領域 20 の底面も、半導体領域 40 の底面と同様な正六角形状である。なお、半導体領域 40 の底面は、図 4 に示すように、六角形の各辺を弧状に変形した形状であっても良い。同様に、ソース領域 30 及び p ボディ領域 20 の底面も、六角形の各辺を弧状に変形した形状であっても良い。また、各半導体領域 40 は、六角形の少なくとも一边とオフ角度方向とが垂直になるように配置されている。つまり、半導体領域 40 の底面は、オフ角度方向に対して垂直な少なくとも一つの辺（端部、エッジ）を有する。

【0016】

なお実際の素子においては図 1 ~ 図 3 に示した構造を有する素子を多数配列している。また、終端部には公知の終端構造が設けられている。

【0017】

上記実施形態によれば、p 型の半導体領域 40 a の底面は、n 型の半導体層 10 中に突出している。このため、半導体領域 40 a の底面の端部に電界が集中し、選択的にアバランシェ降伏を起こすことができる。これにより、半導体層 10、p ボディ領域 20 及びソース領域 30 からなる寄生バイポーラトランジスタの形成を防止することができ、特定の p ボディ領域 20 への電界集中を抑制することができる。

【0018】

また、半導体基板 80 は六方晶である SiC 結晶で形成されているため、アバランシェ降伏が生じやすい方向に異方性があり、c 軸方向に垂直な方向の電界に対してアバランシェ降伏が生じやすい。上記実施形態では、半導体基板 80 表面の法線が c 軸方向から度ずれているため、図 3 の矢印で示すような方向の電界により、半導体領域 40 a の底面の端部で容易にアバランシェ降伏を起こされることができる。

【0019】

また、上記実施形態では、六角形状のパターン形状を有する。各半導体領域 40 は、半導体領域 40 の底面の特定の辺と c 軸方向とが垂直になるように配置されている。このため、各半導体領域 40 において、角（点）ではなく辺に電界を集中させることが可能である。各半導体領域 40 の底面の辺に電界を集中させることで、局所的な電界集中を抑制することができ、安定したアバランシェ降伏を起こすことができる。

【0020】

以上のように、本実施形態によれば、六角形状の各半導体領域 40 の底面の特定の辺で安定したアバランシェ降伏を生じさせることができるため、破壊耐性に優れた半導体装置

10

20

30

40

50

を実現することができる。

【0021】

以上、本発明の実施形態を説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲内において種々変形して実施することが可能である。さらに、上記実施形態には種々の段階の発明が含まれており、開示された構成要件を適宜組み合わせることによって種々の発明が抽出される。例えば、開示された構成要件からいくつかの構成要件が削除されても、所定の効果が得られるものであれば、発明として抽出され得る。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】本発明の実施形態に係る半導体装置の構成を模式的に示した断面図である。

【図2】本発明の実施形態に係る半導体装置の構成を模式的に示した平面図である。

【図3】本発明の実施形態に係る半導体装置の構成を模式的に示した断面図である。

【図4】本発明の実施形態に係る半導体装置の構成を模式的に示した平面図である。

【符号の説明】

【0023】

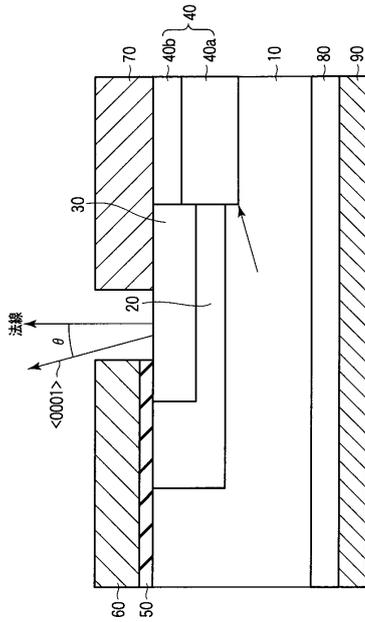
- 10 ... 半導体層
- 20 ... p ボディ領域
- 30 ... ソース領域
- 40、40a ... 半導体領域
- 40b ... p ボディコンタクト領域
- 50 ... ゲート酸化膜
- 60 ... ゲート電極
- 70 ... ソース電極
- 80 ... 半導体基板
- 90 ... ドレイン電極

10

20

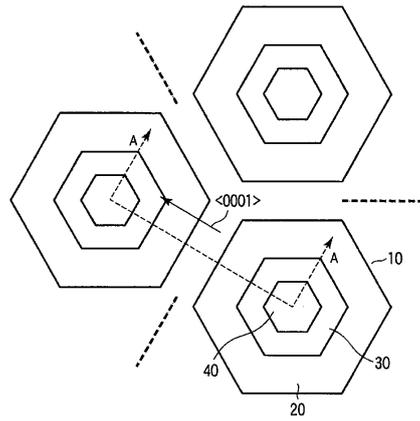
【 図 1 】

図 1



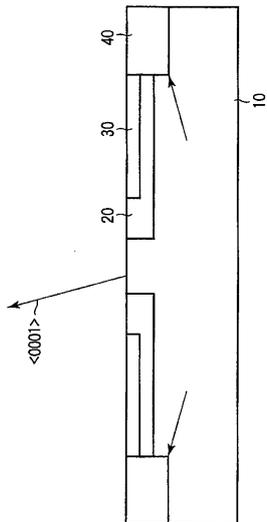
【 図 2 】

図 2



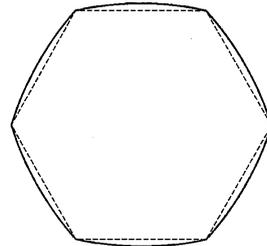
【 図 3 】

図 3



【 図 4 】

図 4



## フロントページの続き

- (74)代理人 100140176  
弁理士 砂川 克
- (74)代理人 100100952  
弁理士 風間 鉄也
- (74)代理人 100101812  
弁理士 勝村 紘
- (74)代理人 100070437  
弁理士 河井 将次
- (74)代理人 100124394  
弁理士 佐藤 立志
- (74)代理人 100112807  
弁理士 岡田 貴志
- (74)代理人 100111073  
弁理士 堀内 美保子
- (74)代理人 100127144  
弁理士 市原 卓三
- (72)発明者 畠山 哲夫  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 四戸 孝  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

審査官 工藤 一光

- (56)参考文献 特表2008-503894(JP,A)  
特開2006-100593(JP,A)  
特開平05-190561(JP,A)  
特開2005-183943(JP,A)  
特開2005-310886(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L29/12

H01L29/78-29/792