

(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2009-21285

(P2009-21285A)

(43) 公開日 平成21年1月29日(2009.1.29)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 29/739 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 5 5 C	
HO 1 L 29/78 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 5 5 F	
HO 1 L 29/06 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 5 2 P	
HO 1 L 21/336 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 5 8 F	
	HO 1 L 29/78 6 5 8 A	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2007-180931 (P2007-180931)	(71) 出願人	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(22) 出願日	平成19年7月10日 (2007.7.10)	(74) 代理人	100082175 弁理士 高田 守
		(74) 代理人	100106150 弁理士 高橋 英樹
		(72) 発明者	久本 好明 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内
		(72) 発明者	植崎 敦司 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内
		(72) 発明者	上村 仁 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内

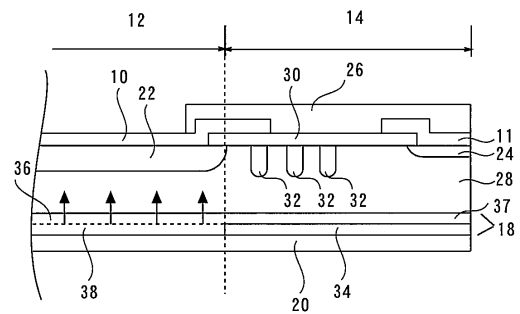
(54) 【発明の名称】 電力用半導体装置とその製造方法

(57) 【要約】

【課題】本発明は、スイッチング特性の悪化や寄生サイリスタの動作開始を抑制し、かつコレクタとコレクタ電極との接触が良好なオーミック性を有する電力用半導体装置とその製造方法に係り、短絡耐量などの特性を改善した電力用半導体装置とその製造方法を提供する事を目的とする。

【解決手段】第一導電型のエミッタ領域と、該エミッタ領域と接する第二導電型のベース領域と、該ベース領域と接する第一導電型の耐圧維持領域と、該耐圧維持領域と接する第二導電型であるコレクタ領域と、該コレクタ領域と接して配置される電極であるコレクタ電極とを備える。そして、該コレクタ領域は、電界緩和領域に重なる領域と能動領域に重なる領域共に第二導電型のドーパントがあり、該電界緩和領域に重なる領域には該能動領域に重なる領域と比較して第二導電型のキャリアのキャリア密度が低い領域がある。

【選択図】 図3



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

第一導電型のエミッタ領域と、  
 前記エミッタ領域と接する第二導電型のベース領域と、  
 前記ベース領域と接する第一導電型の耐圧維持領域と、  
 前記耐圧維持領域と接する第二導電型であるコレクタ領域と、  
 前記コレクタ領域と接して配置される電極であるコレクタ電極とを備え、  
 前記コレクタ領域は、電界緩和領域に重なる領域と能動領域に重なる領域共に第二導電型のドーパントがあり、前記電界緩和領域に重なる領域には前記能動領域に重なる領域と比較して第二導電型のキャリアのキャリア密度が低い領域がある事を特徴とする電力用半導体装置。

10

## 【請求項 2】

前記耐圧維持領域と前記コレクタ領域の間には、第一導電型であり、かつ前記耐圧維持領域よりは第一導電型のキャリアのキャリア密度が高いバッファ領域が形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の電力用半導体装置。

## 【請求項 3】

第一導電型のエミッタ領域と、  
 前記エミッタ領域と接する第二導電型のベース領域と、  
 前記ベース領域と接する第一導電型の耐圧維持領域と、  
 前記耐圧維持領域と接する第二導電型であるコレクタ領域と、  
 前記耐圧維持領域と前記コレクタ領域の間に配置される、第一導電型であり、かつ前記耐圧維持領域よりは第一導電型のキャリアのキャリア密度が高いバッファ領域と、  
 前記コレクタ領域と接して配置される電極であるコレクタ電極とを備え、  
 前記バッファ領域の電界緩和領域に重なる領域には、能動領域に重なる領域と比較して第一導電型のキャリアのキャリア密度が高い領域がある事を特徴とする電力用半導体装置。

20

## 【請求項 4】

前記耐圧維持領域の前記電界緩和領域に重なる領域に  
 第二導電型の領域であるガードリングと、  
 前記ガードリングの形成される領域よりも前記能動領域から離れた領域に前記耐圧維持領域よりも第一導電型のキャリアのキャリア密度が高い第一導電型の領域であるチャンネルストッパー領域とを備える事を特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の電力用半導体装置。

30

## 【請求項 5】

裏面研削機でウェーハ裏面を研削する裏面研削工程と、  
 前記ウェーハ裏面からイオン注入を行いコレクタ領域を形成するコレクタ形成工程と、  
 レーザアニール処理により、前記コレクタ形成工程で注入されたイオンを活性化させるコレクタ活性化工程と、  
 前記ウェーハ裏面に電極を形成する電極形成工程と、  
 前記電極形成工程で形成された電極を加熱する電極加熱工程とを備え、  
 前記コレクタ活性化工程には、前記コレクタ領域の電界緩和領域に重なる領域は能動領域に重なる領域より低いレーザパワーで前記レーザアニール処理が行われる領域があることを特徴とする電力用半導体装置の製造方法。

40

## 【請求項 6】

イオン注入により、前記コレクタ領域より前記ウェーハ裏面から深い場所に前記コレクタ領域と導電型の異なるバッファ領域を形成するバッファ形成工程と、  
 レーザアニール処理により、前記バッファ形成工程で注入されたイオンを活性化させるバッファ活性化工程とを備え、  
 前記バッファ活性化工程では、前記バッファ領域の前記電界緩和領域に重なる領域と前記能動領域に重なる領域とが同等のレーザパワーで、又は前記電界緩和領域に重なる領域

50

は前記能動領域に重なる領域より強いレーザパワーで前記レーザアニール処理が行われる事の特徴とする請求項5に記載の電力用半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は電力用半導体装置とその製造方法に係り、レーザアニール技術によりコレクタ領域とバッファ領域の両方又はいずれか一方の所定位置を選択的に活性化し電力用半導体装置の短絡耐量などの特性を改善した電力用半導体装置とその製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

電力用半導体装置はインバータなどの産業用分野や電子レンジなどの民生機器分野などに広く応用されている。特にパワーエレクトロニクス分野では、低オン電圧で高耐圧性に有効なIGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)が主流となってきた。IGBTは第一導電型のエミッタ領域を備える。そしてエミッタ領域と接して第二導電型のベース領域が配置される。ベース領域はMOS構造の一部を担うように形成される。ベース領域は、前述のMOS構造のゲートに電圧を印加すると導電型が反転する領域を有する。さらにベース領域と接して第一導電型の耐圧維持領域が配置される。耐圧維持領域とは、伝導度変調により抵抗値を低下させ、IGBTのオン電圧を低減する領域である。さらに、耐圧維持領域と接して第二導電型のコレクタが配置される。そして、耐圧維持領域の外周にはループを形成するように第二導電型のガードリング構造が配置される。ガードリングは耐圧維持領域の電界緩和に寄与する。

【0003】

前述のようなIGBTのターンオフ時に、耐圧維持領域に第二導電型のキャリアが過剰に存在していると、ターンオフ時のスイッチング特性悪化や、エミッタ領域 - ベース領域 - 耐圧維持領域 - コレクタ領域とで構成される寄生サイリスタが動作して電流の制御性を損なう事が考えられる。

【0004】

特許文献1に開示されるIGBT及びその製造方法は、コレクタ領域をガードリングが形成されていない部分である能動領域の直下にのみ形成する。すなわちガードリング直下にはコレクタ領域は形成されていない。これにより、前述のような問題を引き起こすコレクタ領域から耐圧維持領域への第二導電型のキャリアの基準値以上の打ち込みを防止する。

【0005】

【特許文献1】特開2003-133556号公報

【特許文献2】特開2005-333055号公報

【特許文献3】特開2006-059876号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献1に開示されるIGBT及びその製造方法により前述のスイッチング特性の悪化や寄生サイリスタの動作開始が抑制できる。しかしながら、特許文献1に開示されるIGBTはコレクタ領域を能動領域に対応する部分にのみ形成している。すなわちガードリング直下にコレクタ領域を形成していない。そのため、コレクタ領域とコレクタ電極との間のオーミック性が不十分であるという問題があった。

【0007】

本発明は、上述のような課題を解決するためになされたもので、スイッチング特性の悪化や寄生サイリスタの動作開始を抑制し、かつコレクタとコレクタ電極との接触が良好なオーミック性を有する電力用半導体装置とその製造方法を提供する事を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

10

20

30

40

50

本発明に係る電力用半導体装置は、第一導電型のエミッタ領域と、該エミッタ領域と接する第二導電型のベース領域と、該ベース領域と接する第一導電型の耐圧維持領域と、該耐圧維持領域と接する第二導電型であるコレクタ領域と、該コレクタ領域と接して配置される電極であるコレクタ電極とを備える。そして、該コレクタ領域は、電界緩和領域に重なる領域と能動領域に重なる領域共に第二導電型のドーパントがあり、該電界緩和領域に重なる領域には該能動領域に重なる領域と比較して第二導電型のキャリアのキャリア密度が低い領域がある。

【0009】

本発明に係る電力用半導体装置は、第一導電型のエミッタ領域と、該エミッタ領域と接する第二導電型のベース領域と、該ベース領域と接する第一導電型の耐圧維持領域と、該耐圧維持領域と接する第二導電型であるコレクタ領域と、該耐圧維持領域と該コレクタ領域の中間に配置される、第一導電型であり、かつ該耐圧維持領域よりは第一導電型のキャリアのキャリア密度が高いバッファ領域と、該コレクタ領域と接して配置される電極であるコレクタ電極とを備える。そして、該バッファ領域の電界緩和領域に重なる領域には、能動領域に重なる領域と比較して第一導電型のキャリアのキャリア密度が高い領域がある。

10

【0010】

本発明に係る電力用半導体装置の製造方法は、裏面研削機でウェーハ裏面を研削する裏面研削工程と、該ウェーハ裏面からイオン注入を行いコレクタ領域を形成するコレクタ形成工程と、レーザアニール処理により、該コレクタ形成工程で注入されたイオンを活性化するコレクタ活性化工程と、該ウェーハ裏面に電極を形成する電極形成工程と、該電極形成工程で形成された電極を加熱する電極加熱工程とを備える。そして、該コレクタ活性化工程には、該コレクタ領域の電界緩和領域に重なる領域は能動領域に重なる領域より低いレーザパワーで該レーザアニール処理が行われる領域がある。

20

【発明の効果】

【0011】

本発明により、電力用半導体装置の諸特性を損なうことなく良好なスイッチング特性を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

30

実施の形態1

図1は本実施形態の電力用半導体装置であるIGBTチップの正面図である。そして、図2は図1のIGBTの平面図である。本実施形態のIGBTはn型で比抵抗が $250 \sim 300 \text{ } \Omega / \text{cm}$ のシリコン基板16を備える。シリコン基板16の厚みは本実施形態のIGBTが耐圧特性を維持するために必要な厚み以上でなければならない。例えば、3300V用IGBTの場合シリコン基板の厚みは $400 \mu\text{m}$ 程度である。図1でシリコン基板16の表面側には後述するMOS領域を含む能動領域12が形成される。能動領域12とはIGBTのキャリアの輸送が行われる領域である。

【0013】

さらに、図1において図示されるように能動領域12の左右には能動領域12を挟みこむように電界緩和領域14が形成される。電界緩和領域14は図2から分かるように能動領域12を囲むように形成されている。電界緩和領域14はIGBTチップ端面での電界の集中を回避するために設けられる領域である。換言すれば、電界緩和領域14はIGBTの耐圧確保に寄与する。従って一般にIGBTの動作電圧が高いほど電界緩和領域14の幅を広げ電界緩和を行う必要がある。本実施形態のIGBTでは電界緩和領域の幅dは $2 \text{ mm}$ 程度である。

40

【0014】

また、本実施形態のIGBTは電界緩和領域14の一部と能動領域12とに重なるようにアルミ電極10が形成されている。アルミ電極10はAl-Si電極材料などで形成される。そして、アルミ電極10は前述したMOS領域のゲート電極である。一方、シリコン基板16

50

の裏面側には裏面構造部 18 が形成されている。裏面構造部 18 は後述するバッファ領域とコレクタ領域を備える。上述の裏面構造部 18 と接して裏面電極 20 が形成される。裏面電極 20 は IGBT チップ 裏面に形成されるコレクタ電極である。

#### 【0015】

図 3 は図 2 の A - A' 断面図であり、能動領域 12 と電界緩和領域 14 との境界周辺を拡大したものである。以下図 3 を中心に本発明の説明を行う。まず、能動領域 12 について詳細に説明する。能動領域 12 は MOS 領域 22 を含む。MOS 領域 22 については図 4 に詳細な構成を示す。図 4 は図 3 の MOS 領域 22 とその周辺をより詳細に説明するために図 3 の MOS 領域 22 とその周辺を拡大した図である。MOS 領域はアルミ電極 10 と接する場所に絶縁膜 90 を備える。さらに、絶縁膜 90 と接するようにエミッタ領域 92 が配置される。エミッタ領域 92 は n 型の導電型である。エミッタ領域 92 と一定間隔離隔し、かつ絶縁膜 90 と接する場所であって、MOS 領域 22 の端には N ウェル 94 が配置される。N ウェル 94 は n 型の導電型である。そして MOS 領域 22 のエミッタ領域 92、絶縁膜 90、N ウェル 94 と接するようにベース領域 96 が形成されている。ベース領域 96 は p 型の導電型である。そして、アルミ電極 10 と MOS 領域 22 の絶縁膜 90 とエミッタ領域 92、ベース領域 96、N ウェル 94 により MOS 構造を形成している。なお、MOS のユニットセル構造としては、トレンチゲート型と平面ゲート型 DMOS 構造などがある。

10

#### 【0016】

図 3 に示す MOS 領域 22 は上述の構成を備える。そして能動領域 12 は前述の MOS 領域 22 の下層であって裏面側に耐圧維持領域 28 を備える。耐圧維持領域 28 は n 型の導電型である。そして IGBT ターンオフ時には通常、耐圧維持領域 28 のキャリア密度はエミッタ領域 92 のキャリア密度より低い。耐圧維持領域 28 は IGBT のターンオフ時にはキャリア密度が低い、ターンオン時には裏面構造部 18 からキャリアの注入を受け低抵抗となる。このように、耐圧維持領域 28 は伝導度変調が行われる領域である。

20

#### 【0017】

さらに、耐圧維持領域 28 と接してバッファ領域 36 が形成されている。バッファ領域 36 は裏面構造部 18 の一部である。バッファ領域 36 は n 型の導電型である。バッファ領域 36 のキャリア密度は耐圧維持領域 28 のキャリア密度より高い。バッファ領域 36 と接して、バッファ領域 36 の下層で裏面側にコレクタ活性領域 38 が形成される。コレクタ活性領域 38 は p 型の導電型である。コレクタ活性領域 38 は IGBT のターンオン状態に耐圧維持領域 28 に正孔（ホール）を供給する。ここで、前述のバッファ領域 36 は耐圧維持領域 28 とコレクタ活性領域 38 とに挟まれて配置される。このためバッファ領域 36 はコレクタ活性領域 38 から耐圧維持領域 28 への正孔の注入を抑制する。また、バッファ領域 36 は、耐圧維持領域 28 に発生する空乏層がコレクタ活性領域 38 まで伸びてパンチスルーを起こす事も抑制する。

30

#### 【0018】

ここまでで能動領域 12 について説明したが、以後、図 3 の電界緩和領域 14 について説明する。前述の耐圧維持領域 28 は能動領域 12 だけでなく電界緩和領域 14 にも形成されている。電界緩和領域 14 の耐圧維持領域 28 と能動領域 12 の耐圧維持領域 28 とは連続的に接続されている。そして電界緩和領域 14 の耐圧維持領域 28 は層間絶縁膜 30 によってアルミ電極 10 と隔てられている。層間絶縁膜 30 は熱酸化膜、PSG（リンガラス）、Al-Si、ガラスコート膜（SinSiN）などの多層構造である。層間絶縁膜 30 はチップ主表面部分を保護する。層間絶縁膜 30 により IGBT チップ表面からの水分・傷・磁場等の影響を受けて IGBT の特性が変動する事を防止できる。

40

#### 【0019】

さらに、電界緩和領域 14 においては、耐圧維持領域 28 と層間絶縁膜 30 とに接する場所にガードリング 32 が形成されている。ガードリング 32 は p 型の導電型である。ガードリング 32 は、能動領域 12 を覆うように形成されている。すなわち、図 2 に示されるとおり、電界緩和領域 14 は能動領域 12 を覆うように周状に形成されている。そして、ガードリング 32 も電界緩和領域 14 に沿って能動領域 12 を囲むように配置されてい

50

る。本実施ではガードリング 3 2 を 3 箇所備えているから、能動領域 1 2 はガードリング 3 2 によって 3 重に囲まれていることになる。

【 0 0 2 0 】

ここで、ガードリング 3 2 はコレクタ - エミッタ間電圧を維持するために形成されるものである。より具体的に説明すると、ガードリング 3 2 により IGBT チップ端面における電界集中が抑制されるからコレクタ - エミッタ間電圧を維持することができる。IGBT チップに形成されるガードリング 3 2 の数や形状は、IGBT に印加される電圧や IGBT チップが必要とする耐圧を考慮して定められる。そしてガードリング 3 2 を多数形成すれば、その分広い面積の電界緩和領域 1 4 を要することになる。

【 0 0 2 1 】

ガードリング構造 3 2 よりさらに IGBT チップ端面側にはチャンネルストッパー 2 4 が配置される。チャンネルストッパー 2 4 はアルミ電極 1 1 及び耐圧維持領域 2 8 に接する。チャンネルストッパー 2 4 は n 型の導電型である。そしてチャンネルストッパー 2 4 のキャリア密度は耐圧維持領域 2 8 のキャリア密度より高い。チャンネルストッパー 2 4 は IGBT チップ端面に向かって伸びる空乏層の伸びを止めるために形成されている。ゆえにチャンネルストッパー 2 4 は MOS 構造 2 2 から伸びる空乏層が IGBT チップ端面に到達してしまうを防ぐことができる。また、チャンネルストッパー 2 4 の形状・大きさなどの構造は、IGBT チップが有する耐圧クラスによって適宜定められるものである。

【 0 0 2 2 】

電界緩和領域 1 4 における耐圧維持領域 2 8 の裏面側には、耐圧維持領域 2 8 と接してバッファ領域 3 7 が配置されている。本実施形態において、電界緩和領域 1 4 におけるバッファ領域 3 7 は能動領域 1 2 におけるバッファ領域 3 6 と同様の導電型、キャリア密度である。そして、バッファ領域 3 6 とバッファ領域 3 7 は連続的に接して配置されており一体のバッファ領域を形成している。

【 0 0 2 3 】

さらに、電界緩和領域 1 4 は、バッファ領域 3 7 の裏面側と接するコレクタ不活性領域 3 4 を備える。コレクタ不活性領域 3 4 はボロンなどの p 型のドーパントが含まれる領域である。しかし前述のドーパントが熱処理などにより活性化されていない又は十分活性化されていないため、コレクタ不活性領域 3 4 はコレクタ活性領域 3 8 より正孔密度が低い。なお、コレクタ不活性領域 3 4 とコレクタ活性領域 3 8 とは、能動領域 1 2 と電界緩和領域 1 4 との境界で接触しておりコレクタ領域を形成している。コレクタ不活性領域 3 4 とコレクタ活性領域 3 8 の裏面側には裏面電極 2 0 が形成されている。電界緩和領域 1 4 は上述の構成を備える。

【 0 0 2 4 】

本実施形態の電力用半導体装置である IGBT は図 1、2、3、4 を用いて説明した構成を備える。以後、本実施形態の IGBT の製造方法について説明する。図 5 は本実施形態の IGBT の製造プロセスフローの概要を説明するための図である。図 5 において が付された工程はマスク合わせが行われる工程である。最初の工程であるロット形成から、p ウェル工程、ゲート ( 1 ) 工程、ゲート ( 2 ) 工程、チャンネルドープ工程、P+ 拡散工程、ソース工程、コンタクト工程、アルミ配線工程、ガラスコート工程までの各工程により、裏面構造部 1 8 と裏面電極 2 0 を除く領域が形成される。前述の各工程は本発明の説明上必須ではないから説明を省略する。

【 0 0 2 5 】

次いで、図 3 で説明した裏面構造部 1 8 などが形成される。裏面構造部 1 8 形成のために、ステップ 1 1、ステップ 1 2 が行われる。ステップ 1 1 は以下のように行われる。まず、ウェーハ表面にウェーハの表面保護及びウェーハ裏面を薄く仕上げてもウェーハが割れないように補強用テープを貼る。

【 0 0 2 6 】

次いで裏面研削機で所定厚みまで研削する。その後、前述の研削によりダメージを受けた層である破砕層をエッチング液で 1 0 ~ 2 0  $\mu\text{m}$  エッチングする。このようにして形成

10

20

30

40

50

された裏面にPイオン注入機でイオン注入する。このイオン注入はウェーハ裏面全面に行われるものである。さらにレーザアニール装置で前述のイオン注入で注入されたイオンの活性化を行う。本実施形態ではレーザアニールのためにYAGレーザーが用いられる。そしてレーザアニール装置がウェーハを走査する事により所定位置のレーザアニールが行われる。

#### 【0027】

そして、本実施形態のステップ11においてはレーザパワーを一定としてレーザアニールが行われるからIGBTチップ裏面のバッファ領域36、37の活性化率すなわち、キャリア密度は同等である。

#### 【0028】

ステップ11の後にはステップ12が行われる。ステップ12はコレクタ活性領域38およびコレクタ不活性領域34を形成するための工程である。ステップ12ではまずBイオン注入機により裏面全面にイオン注入が行われる。次いで以下のようにレーザアニールが行われる。すなわち、まず最初にレーザアニール装置にウェーハ(IGBTチップ)主表面のパターンを認識させる。そして、認識した主表面のパターンに基づき、電界緩和領域14はレーザパワーを下げ、能動領域12ではレーザパワーを上げてレーザアニールを行う。ここで、レーザパワーを上げてレーザアニールが行われるとその位置はウェーハ深さ方向に10 $\mu$ m程度まで、1000程度の温度でアニールされる。上述した通りレーザアニール装置により所定位置のイオンのみ選択的に活性化させることができる。本実施形態のコレクタ活性領域38とコレクタ不活性領域34との活性化率の違いすなわち、キャリア密度の違いは上述のように処理される事により実現されるものである。

#### 【0029】

ステップ12の後にはステップ13が行われる。ステップ13は裏面電極20を形成するための工程である。ステップ13では、まず、電極形成前処理としてHFと水を1:100程度で混合した混合液で裏面に形成された酸化膜を除去する。次いで、Al/Mo/Ni/Au、Al/Ti/Ni/Auの4層構造の電極材を用いて裏面電極20を形成する。

#### 【0030】

ステップ13の後にはステップ14へ処理が進められる。ステップ14はシンタ-熱処理を行う工程である。シンタ-熱処理とは裏面電極20を400前後で30分間程度熱処理する工程である。シンタ-熱処理により裏面電極20とウェーハとの密着性が確保できる。また裏面電極20とウェーハとのオーミック接触が可能となる。

#### 【0031】

ここで、本実施形態の特徴を理解するための比較例1を説明する。比較例1のIGBTは図6のプロセスフローで作成される。比較例1のプロセスフローにおけるステップ2の裏面nバッファ拡散工程とステップ3の裏面pコレクタ拡散工程とにおいては、注入したイオンの活性化のためにアニールが必要である。比較例1では熱拡散方式でバッファ領域とコレクタの形成を行う。故に、例えば、バッファ領域を形成すべきイオンをウェーハ裏面全面に形成した場合、バッファ領域は裏面全面に渡って活性化される事になる。コレクタについても同様である。

#### 【0032】

図6のプロセスフローで作成された比較例1のIGBT断面図を図7に示す。図7は能動領域100と電界緩和領域102の境界とその近傍の拡大図である。比較例1ではバッファ領域106とコンタクト領域104がウェーハ裏面全体に渡って形成されている。そして前述した通り熱拡散方式でバッファ領域106とコレクタ領域104とが形成されるので、ウェーハ裏面全面に渡って活性化されたバッファ領域とコレクタ領域が形成される。すなわちバッファ領域におけるキャリア濃度はウェーハ裏面全面に渡って一様であるし、コレクタ領域も同様である。比較例1は上述の特徴を備える。

#### 【0033】

比較例1の構成における課題を、IGBT断面図である図8を用いて説明する。図8のIGBTは比較例1と同様の裏面構造部を有する。ここで、ゲート電極40への電圧の印加を停止

10

20

30

40

50

し、IGBTをターンオフしようとする場合を考える。IGBTのターンオフ時にはテイル電流を抑制するためにも耐圧維持領域50の正孔が速やかにコレクタ58などへ抜ける事が望ましい。しかしながら、比較例1のようにコレクタ領域104の活性な領域がウェーハ裏面全面に渡って形成されている場合には、正孔が耐圧維持領域に過剰に供給される。IGBTの抵抗の大部分を占めるのは耐圧維持領域であるから、耐圧維持領域に正孔が多量に供給されて伝導度変調を起こす事は動作電圧の観点からは望ましい。ところが、IGBTターンオフ時に耐圧維持領域に大量の正孔が存在していると以下の問題が起こり得る。すなわち、エミッタ42 - ベース46 - 耐圧維持領域50 - コレクタ58とはn - p - n - pの寄生サイリスタを構成しており、この寄生サイリスタが動作してしまう事がある。前述の寄生サイリスタが動作してしまうと、IGBTの電流制御性を損なう事が考えられる。

10

#### 【0034】

続いて比較例2について、図9を用いて説明する。比較例2の構成は比較例1と以下の相違点を有する。すなわち、比較例2においては電界緩和領域102に活性なコレクタ領域が形成されていない。比較例2の活性なコレクタ領域は能動領域100の直下にのみ形成されているコレクタ活性領域38である。ここで、活性とは、IGBT動作時に耐圧維持領域28の伝導度変調を引き起こす正孔の注入を行う事ができる状態を指す。比較例2のIGBTは活性なコレクタ領域が能動領域100にのみ形成されているから、IGBT動作時に、コレクタ活性領域38から耐圧維持領域28へ過剰に正孔が供給される事はない。故に比較例1と比較して前述の寄生サイリスタが動作しづらい。

#### 【0035】

20

ところで、比較例2のIGBTはマスクを利用して能動領域100の直下にのみイオン注入を行う。従って、電界緩和領域102の直下にはコレクタ領域を形成すべきイオンが注入されていない。このようなウェーハ裏面に裏面電極20を形成すると、電界緩和領域102における裏面電極20が、ウェーハとオーミック性の接触をすることができない事がある。その結果、比較例2のような構成では素子抵抗の低減が困難であるという問題があった。

#### 【0036】

このように、比較例1、2の構成はそれぞれ、ターンオフ時における寄生サイリスタの動作開始、裏面電極のウェーハとのオーミック性の接触が得られないなどの問題があった。

30

#### 【0037】

本実施形態のIGBTはターンオフ時における寄生サイリスタの動作開始を抑制し、かつ、裏面電極の、ウェーハとのオーミック性接触が電界緩和領域においても得られる。図3に示される本実施形態の構成によれば、コレクタ不活性領域34が電界緩和領域14に形成されているからIGBT動作時の耐圧維持領域28へのホールの過剰供給を回避する事ができる。よって、寄生サイリスタの動作を抑制できる。ここで、本実施形態ではコレクタ不活性領域34があるからIGBTチップ全面にコレクタ活性領域が形成されている場合と比べてIGBT動作時に耐圧維持領域28に供給される正孔の量は減る。しかしながら、IGBTの動作時において耐圧維持領域28の実効的な抵抗を低減させるのは専ら能動領域12直下から注入される正孔である。従って電界緩和領域における正孔密度はIGBTの素子抵抗低減にとってさほど重要ではない。よって、本実施形態のように電界緩和領域14の直下にコレクタ活性領域を形成しなくても、耐圧維持領域28の抵抗への影響は軽微である。

40

#### 【0038】

本実施形態の構成によれば、耐圧維持領域28の実効的な抵抗を上げる事なく、短絡耐量などの弊害を抑制できる。

#### 【0039】

また、本実施形態ではコレクタ領域を形成すべきドーパントの注入をBイオン注入機によりIGBTチップ全面に渡って行っている。ここで、活性不活性とを問わずBドーパントが注入された表面と裏面電極20とは前述のシタ - 熱処理により良好なオーミック性を有する接触が得られる。従って本実施形態のコレクタ領域と裏面電極20とは良好なオーミ

50

ック接触を構成している。一方、比較例 2 の構成では、電界緩和領域 1 0 2 の直下にはバッファ領域はあるがコレクタ領域形成のためのイオン注入が行われていない。ゆえに前述のシタ - 熱処理を行っても電界緩和領域 1 0 2 において、裏面電極とウェーハとのオーミック性の接触は得られづらい。このように、コレクタ領域となるべきイオンの注入をウェーハ全面に行う事により IGBT チップ全面に渡って良好なオーミック接触が得られる。

#### 【 0 0 4 0 】

本実施形態においては能動領域 1 2 直下のコレクタはコレクタ活性領域 3 8 としたが本発明はこれに限定されない。すなわち、図 1 0 に示す能動領域 1 2 におけるコレクタをコレクタ活性領域 1 1 0、コレクタ不活性領域 1 1 2 とを交互に配置する構成としても良い。このように配置することで耐圧維持領域へ注入される正孔の量を制御できるから本発明の効果をえられる。

10

#### 【 0 0 4 1 】

本実施形態においては、キャリアの導電型はエミッタ - ベース - 耐圧維持領域 - コレクタの順に n 型 - p 型 - n 型 - p 型としたが本発明はこれに限定されない。すなわち、これを逆転してエミッタ - ベース - 耐圧維持領域 - コレクタの順に p 型 - n 型 - p 型 - n 型としても本発明の効果をえられる。

#### 【 0 0 4 2 】

本実施形態においては、電界緩和領域にはガードリング 3 2 を配置して電界の集中を防止したが本発明はこれに限定されない。すなわち、ガードリングに替えてフィールドプレート構造などを用いて電界緩和を行っても本発明と同様に電界緩和領域を形成できるから本発明の効果はえられる。

20

#### 【 0 0 4 3 】

本実施形態ではコレクタ活性領域 3 8 とコレクタ不活性領域 3 4 との境界は能動領域 1 2 と電界緩和領域 1 4 との境界と一致させたが本発明はこれに限定されない。すなわち、コレクタ活性領域 3 8 とコレクタ不活性領域 3 4 との境界は、短絡耐量その他必要な特性を考慮して決めれば良いから能動領域 1 2 中に位置していても良いし、電界緩和領域 1 4 中に位置していても良い。

#### 【 0 0 4 4 】

##### 実施の形態 2

本実施形態はバッファ領域の活性化率の制御を行う事により IGBT の特性を最適化できる電力用半導体装置とその製造方法に関する。本実施形態の構成については、図 3 で表される実施の形態 1 の構成との相違点のみ説明する。

30

#### 【 0 0 4 5 】

本実施形態の構成を図 1 1 で説明する。本実施形態の電力用半導体装置である IGBT は能動領域 1 2 8 と電界緩和領域 1 3 0 とを備える。能動領域 1 2 8 のバッファ領域 1 2 0 と電界緩和領域 1 3 0 のバッファ領域 1 2 2 とは接している。そして、バッファ領域 1 2 2 とバッファ領域 1 2 0 とともに第一導電型である。また、バッファ領域 1 2 2 とバッファ領域 1 2 0 とは接している。そして、バッファ領域 1 2 2 のキャリア密度はバッファ領域 1 2 0 のキャリア密度より高い。これはレーザアニールを行う際に、バッファ領域 1 2 2 をバッファ領域 1 2 0 より高いレーザパワーでアニールする事により行われる。

40

#### 【 0 0 4 6 】

また、本実施形態のコレクタは、能動領域 1 2 8 直下にコレクタ活性領域 1 2 4、電界緩和領域 1 3 0 直下にコレクタ不活性領域 1 2 6 を備える。コレクタ活性領域 1 2 4 はコレクタ不活性領域 1 2 6 と比較してキャリア密度が高い。これはコレクタをレーザアニール処理する際にコレクタ活性領域 1 2 4 をコレクタ不活性領域 1 2 6 より高いレーザパワーでアニールする事により行われる。

#### 【 0 0 4 7 】

本実施形態の IGBT は上述のように、電界緩和領域 1 3 0 の直下に配置されるバッファ領域 1 2 2 のキャリア密度が能動領域 1 2 8 直下のバッファ領域 1 2 0 のキャリア密度より高い事が特徴である。バッファ領域 1 2 2 により、電界緩和領域からの耐圧維持領域 2 8

50

への正孔の注入を抑制する効果が高まる。従って本実施形態の構成によれば、電界緩和領域 130 における正孔の注入を抑制できるから寄生サイリスタの動作開始を抑制し、短絡耐量の向上ができる。

【0048】

本実施形態では、バッファ領域のうちキャリア密度が高い領域は電界緩和領域 130 に配置したが本発明はこれに限定されない。すなわち、図 12 又は図 13 に示すようにバッファ領域のキャリア密度の高い領域 156 を能動領域 128 に適宜配置すれば、耐圧維持領域 28 へ注入される正孔の量を制御する事ができるから本発明の効果を失わない。なお、図 12、13 において、バッファ領域 156 はバッファ領域 154、122 よりキャリア密度が低い領域である。また図 12 において、コレクタ領域 152 はコレクタ活性領域 150 よりキャリア密度が低い領域である。また図 13 において、コレクタ活性領域 124 はコレクタ不活性領域 126 よりキャリア密度が高い。

10

【0049】

また、図 14 に示すように、バッファ領域 120 と比較してキャリア密度の高いバッファ領域 122 は電界緩和領域に配置し、コレクタ不活性領域 170 を能動領域に適宜配置する事としても耐圧維持領域 28 への正孔の注入を制御できるから本発明の効果を得られる。ここで、コレクタ活性領域 172 はコレクタ不活性領域 170 よりキャリア密度の高い領域である。

【図面の簡単な説明】

【0050】

20

【図 1】実施の形態 1 の電力用半導体装置である IGBT チップの正面図を説明する図である。

【図 2】図 1 の平面図である。

【図 3】図 2 A - A' 断面図である。

【図 4】MOS 領域を説明する断面図である。

【図 5】実施の形態 1 における IGBT の製造プロセスフローの概要である。

【図 6】比較例 1 における IGBT の製造プロセスフローの概要である。

【図 7】図 6 のプロセスフローで製作された比較例 1 の IGBT 断面図である。

【図 8】比較例 1 の構成における課題を説明するための IGBT 断面図である。

【図 9】比較例 2 の構成を説明するための IGBT 断面図である。

30

【図 10】実施の形態 1 の変形例を説明するための図である。

【図 11】実施の形態 2 の電力用半導体装置である IGBT チップの断面図である。

【図 12】実施の形態 2 の変形例を説明するための IGBT 断面図である。

【図 13】実施の形態 2 の変形例を説明するための IGBT 断面図である。

【図 14】実施の形態 2 の変形例を説明するための IGBT 断面図である。

【符号の説明】

【0051】

- 20 裏面電極
- 28 耐圧維持領域
- 34 コレクタ不活性領域
- 38 コレクタ活性領域
- 92 エミッタ領域
- 96 ベース領域

40





---

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 Z

H 0 1 L 29/06 3 0 1 G

H 0 1 L 29/06 3 0 1 F