

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6356592号  
(P6356592)

(45) 発行日 平成30年7月11日 (2018. 7. 11)

(24) 登録日 平成30年6月22日 (2018. 6. 22)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 29/872 (2006. 01)

H O 1 L 29/86 3 O 1 F

H O 1 L 29/47 (2006. 01)

H O 1 L 29/48 F

H O 1 L 21/329 (2006. 01)

H O 1 L 29/48 P

H O 1 L 29/06 (2006. 01)

H O 1 L 29/86 3 O 1 P

H O 1 L 29/86 3 O 1 D

請求項の数 4 (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2014-255287 (P2014-255287)  
 (22) 出願日 平成26年12月17日 (2014. 12. 17)  
 (65) 公開番号 特開2016-115882 (P2016-115882A)  
 (43) 公開日 平成28年6月23日 (2016. 6. 23)  
 審査請求日 平成29年7月7日 (2017. 7. 7)

(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  
 (73) 特許権者 000004260  
 株式会社デンソー  
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地  
 (73) 特許権者 000003609  
 株式会社豊田中央研究所  
 愛知県長久手市横道41番地の1  
 (74) 代理人 110000110  
 特許業務法人快友国際特許事務所  
 (72) 発明者 永岡 達司  
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ショットキーバリアダイオードとその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体基板と、前記半導体基板の表面に接触しているアノード電極を備えているショットキーバリアダイオードであり、

前記半導体基板が、前記アノード電極に接触している p 型コンタクト領域と、前記アノード電極にショットキー接触している n 型ドリフト領域を備えており、

前記 p 型コンタクト領域が、前記アノード電極と前記半導体基板のコンタクト面において閉ループを形成するとともに曲線状に伸びるコーナー部を有している第 1 p 型領域と、前記コンタクト面において前記第 1 p 型領域の内周部に配置されているとともに前記コーナー部に接続されている第 2 p 型領域と、前記第 1 p 型領域と前記第 2 p 型領域の接続部において前記第 1 p 型領域と前記第 2 p 型領域に接しているエッジ充填部を備えており、

前記エッジ充填部に接しない範囲を延びている前記第 1 p 型領域の輪郭の前記接続部側への延長線を第 1 延長線とし、前記エッジ充填部に接しない範囲を延びている前記第 2 p 型領域の輪郭の前記接続部側への延長線を第 2 延長線としたときに、前記第 1 延長線と前記第 2 延長線が鋭角で交差しており、

前記第 1 延長線と前記第 2 延長線の間に形成される鋭角エッジを前記エッジ充填部が充填しており、

前記第 2 p 型領域が、前記コンタクト面において帯状に伸びており、

前記鋭角が であり、

前記コンタクト面内の前記コーナー部の幅が W 1 であり、

10

20

前記コンタクト面内の前記第 2 p 型領域の幅が W 2 であり、  
前記コンタクト面内の前記エッジ充填部の位置における前記 p 型コンタクト領域の幅が  
、前記第 1 p 型領域と前記第 2 p 型領域の複合幅 W c よりも広く、  
 $W c = (W 1 + W 2) / \cos ( \quad / 2 )$  である、  
ショットキーバリアダイオード。

【請求項 2】

前記第 1 p 型領域と前記エッジ充填部がなす角が 90 度以上であり、前記第 2 p 型領域と前記エッジ充填部がなす角が 90 度以上である、請求項 1 のショットキーバリアダイオード。

【請求項 3】

複数本の前記第 2 p 型領域が平行に伸びており、  
 前記エッジ充填部から前記第 1 p 型領域が離反する位置と前記エッジ充填部から前記第 2 p 型領域が離反する位置までの間の前記エッジ充填部の輪郭が前記第 2 p 型領域に直交しており、  
 前記エッジ充填部の前記輪郭の長さが、隣り合う前記第 2 p 型領域の間の間隔の半分以下である請求項 1 または 2 のショットキーバリアダイオード。

【請求項 4】

ショットキーバリアダイオードを製造する方法であって、  
 以下の特徴、すなわち、  
 ( a ) 閉ループを形成するとともに曲線状に伸びるコーナー部を有している第 1 開口部と、前記第 1 開口部の内周部に配置されているとともに前記コーナー部に接続されている第 2 開口部と、前記第 1 開口部と前記第 2 開口部の接続部に形成されている第 3 開口部が形成されており、  
 ( b ) 前記第 3 開口部に接しない範囲を延びている前記第 1 開口部の輪郭の前記接続部側への延長線を第 1 延長線とし、前記第 3 開口部に接しない範囲を延びている前記第 2 開口部の輪郭の前記接続部側への延長線を第 2 延長線としたときに、前記第 1 延長線と前記第 2 延長線が鋭角で交差しており、  
 ( c ) 前記第 3 開口部が、前記第 1 延長線と前記第 2 延長線の上に形成される鋭角エッジを含む範囲に形成されている、という開口部が形成されているマスクを n 型の半導体基板の表面に形成し、

前記マスクを介して前記半導体基板に p 型不純物を注入することによって、前記半導体基板に p 型コンタクト領域を形成し、  
 前記表面から前記マスクを除去し、  
 前記表面に、前記 p 型コンタクト領域に接触し、前記マスクに覆われていた範囲内の n 型領域にショットキー接触するアノード電極を形成し、

前記第 2 開口部が、帯状に伸びており、  
前記鋭角が であり、  
前記コーナー部の幅が W 1 であり、  
前記第 2 開口部の幅が W 2 であり、  
前記第 3 開口部の位置における前記開口部の幅が、前記第 1 開口部と前記第 2 開口部の  
複合幅 W c よりも広く、

$W c = (W 1 + W 2) / \cos ( \quad / 2 )$  である、

ショットキーバリアダイオードの製造方法。

【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、ショットキーバリアダイオードとその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、ショットキーバリアダイオード ( Schottky Barrier

10

20

30

40

50

D i o d e : 以下、S B D という ) が開示されている。この S B D は、半導体基板と、半導体基板に接触しているアノード電極を有している。半導体基板は、アノード電極に接触している p 型コンタクト領域と、p 型コンタクト領域が形成されていない範囲でアノード電極にショットキー接触している n 型ドリフト領域を有している。p 型コンタクト領域は、環状領域と、環状領域の内周部に形成されている複数のストライプ状領域を有している。各ストライプ状領域は、環状領域に接続されている。S B D に順電圧を印加すると、アノード電極と n 型ドリフト領域との間のショットキー界面を通して、n 型ドリフト領域からアノード電極に電子が流れる。このため、S B D がオンする。また、S B D に逆電圧を印加すると、上述した電子の流れが停止し、S B D がオフする。また、S B D がオフするときには、p 型コンタクト領域からその周囲の n 型ドリフト領域に空乏層が広がる。空乏層がショットキー界面を覆うように広がるため、ショットキー界面近傍において高い電界が生じることが防止される。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2009-94433号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1のS B Dでは、環状領域がそのコーナー部で円弧状に伸びている。ストライプ状領域の一部は、環状領域のコーナー部に接続されている。ストライプ状領域は、環状領域のコーナー部に対して鋭角に接続されている。すなわち、コーナー部の輪郭とストライプ状領域の輪郭が鋭角で交差している。この鋭角が小さすぎると、その鋭角のパターンを安定して加工することは困難となる。このため、S B Dの量産時に、p 型コンタクト領域の形状が安定せず、量産されるS B Dの間で電気的特性のばらつきが大きくなるという問題が生じる。なお、特許文献1のS B Dは、オンするときにp 型コンタクト領域からn 型ドリフト領域にホールが流入しないタイプのS B Dである。このタイプのS B Dは、J B S D ( J u n c t i o n B a r r i e r S c h o t t k y D i o d e ) と呼ばれる。他方、オンするときにp 型コンタクト領域からn 型ドリフト領域にホールが流入するタイプ(すなわち、電子とホールの両方が電流に寄与するタイプ)のS B Dも存在する。このタイプのS B Dは、M P S D ( M e r g e d P I N S h o t t k y D i o d e ) と呼ばれる。M P S Dも、J B S Dと同様に配置されたp 型コンタクト領域を有する場合がある。したがって、M P S Dでも、J B S Dと同様の問題が生じる。したがって、本明細書では、半導体基板とアノード電極とのコンタクト面にp 型コンタクト領域とn 型ドリフト領域を有するS B Dの量産時に、S B Dの特性を安定させることが可能な技術を提供する。

20

30

【課題を解決するための手段】

【0005】

本明細書が開示するショットキーバリアダイオードは、半導体基板と、前記半導体基板の表面に接触しているアノード電極を備えている。前記半導体基板は、前記アノード電極に接触しているp 型コンタクト領域と、前記アノード電極にショットキー接触しているn 型ドリフト領域を備えている。前記p 型コンタクト領域が、第1 p 型領域と第2 p 型領域とエッジ充填部を備えている。前記第1 p 型領域は、前記アノード電極と前記半導体基板のコンタクト面において閉ループを形成するとともに曲線状に伸びるコーナー部を有している。前記第2 p 型領域は、前記コンタクト面において前記第1 p 型領域の内周部に配置されているとともに前記コーナー部に接続されている。前記エッジ充填部は、前記第1 p 型領域と前記第2 p 型領域の接続部において前記第1 p 型領域と前記第2 p 型領域に接している。前記エッジ充填部に接しない範囲を延びている前記第1 p 型領域の輪郭の前記接続部側への延長線を第1延長線とし、前記エッジ充填部に接しない範囲を延びている前記第2 p 型領域の輪郭の前記接続部側への延長線を第2延長線としたときに、前記第1延長

40

50

線と前記第2延長線が鋭角で交差している。前記エッジ充填部は、前記第1延長線と前記第2延長線の間に形成される鋭角エッジを充填している。

【0006】

このSBDでは、第2p型領域が、第1p型領域のコーナー部に接続されている。第1p型領域の輪郭の第1延長線と第2p型領域の輪郭の第2延長線が鋭角で交差しているものの、その鋭角エッジにp型領域であるエッジ充填部が充填されている。このように、エッジ充填部によって鋭角エッジが充填されているので、接続部においてp型コンタクト領域の輪郭が鋭い角度で折れ曲がることが防止される。このため、このSBDを量産する際に、量産されるSBDの間での電気的特性のばらつきを抑制することができる。

【0007】

また、本明細書は、SBDを製造する方法を提供する。この方法は、マスク形成工程と、p型コンタクト領域形成工程と、マスク除去工程と、アノード電極形成工程を有する。マスク形成工程では、以下の特徴(a)~(c)を有する開口部が形成されているマスクをn型の半導体基板の表面に形成する。(a)閉ループを形成するとともに曲線状に伸びるコーナー部を有している第1開口部と、前記第1開口部の内周部に配置されているとともに前記コーナー部に接続されている第2開口部と、前記第1開口部と前記第2開口部の接続部に第3開口部が形成されている。(b)前記第3開口部に接しない範囲を延びている前記第1開口部の輪郭の前記接続部側への延長線を第1延長線とし、前記第3開口部に接しない範囲を延びている前記第2開口部の輪郭の前記接続部側への延長線を第2延長線としたときに、前記第1延長線と前記第2延長線が鋭角で交差している。(c)前記第3開口部が、前記第1延長線と前記第2延長線の間に形成される鋭角エッジを含む範囲に形成されている。p型コンタクト領域形成工程では、前記マスクを介して前記半導体基板にp型不純物を注入することによって、前記半導体基板にp型コンタクト領域を形成する。マスク除去工程では、前記表面から前記マスクを除去する。アノード電極形成工程では、前記表面に、前記p型コンタクト領域に接触し、前記マスクに覆われていた範囲内のn型領域にショットキー接触する。

【0008】

この方法によれば、量産されるSBDの間での電気的特性のばらつきを抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】SBD10の縦断面図(図2のI-I線における縦断面図)。

【図2】半導体基板12の上面図。

【図3】コーナー部22bの拡大図。

【図4】コーナー部22bの拡大図。

【図5】第1変形例における半導体基板12の上面図。

【図6】第2変形例における半導体基板12の上面図。

【図7】第3変形例におけるコーナー部22bの拡大図。

【発明を実施するための形態】

【実施例】

【0010】

図1、2に示す実施例のSBD10は、半導体基板12を有している。なお、図2では、p型領域を斜線のハッチングにより示している。半導体基板12は、SiCにより構成されている。半導体基板12の上面12aには、アノード電極14と絶縁膜30が形成されている。図2の点線14は、アノード電極14が形成されている範囲(すなわち、半導体基板12とアノード電極14が接触しているコンタクト面15)を示している。アノード電極14は、半導体基板12の上面12aの中央部に形成されている。アノード電極14に覆われていない範囲(以下、周辺領域13という)の上面12aは、絶縁膜30によって覆われている。半導体基板12の下面12bには、カソード電極16が形成されている。

## 【 0 0 1 1 】

半導体基板 1 2 の内部には、p 型コンタクト領域 1 8 と、F L R 2 4 と、ドリフト領域 2 6 と、カソード領域 2 8 が形成されている。

## 【 0 0 1 2 】

p 型コンタクト領域 1 8 は、半導体基板 1 2 の上面 1 2 a に露出する範囲に形成されている。p 型コンタクト領域 1 8 は、半導体基板 1 2 の上面 1 2 a 近傍の表層部にのみ形成されている。p 型コンタクト領域 1 8 は、アノード電極 1 4 にショットキー接触している。p 型コンタクト領域 1 8 は、ストライプ状 p 型コンタクト領域 2 0 と、環状 p 型コンタクト領域 2 2 を有している。

## 【 0 0 1 3 】

図 2 に示すように、環状 p 型コンタクト領域 2 2 は、アノード電極 1 4 の外周縁に沿って環状に伸びている。環状 p 型コンタクト領域 2 2 は、コンタクト面 1 5 内において閉ループを形成している。環状 p 型コンタクト領域 2 2 は、角を円弧状に丸めた四角形の形状を有している。環状 p 型コンタクト領域 2 2 は、直線状に伸びる直線部 2 2 a と、円弧状に伸びるコーナー部 2 2 b を有している。環状 p 型コンタクト領域 2 2 の幅は、位置によらず略一定である。環状 p 型コンタクト領域 2 2 は、その幅の内周側の部分がコンタクト面 1 5 内に位置しており、その幅の外周側の部分がコンタクト面 1 5 の外側にはみ出している。環状 p 型コンタクト領域 2 2 は、コンタクト面 1 5 内の部分でアノード電極 1 4 にショットキー接触している。

## 【 0 0 1 4 】

ストライプ状 p 型コンタクト領域 2 0 は、コンタクト面 1 5 内に複数個形成されている。ストライプ状 p 型コンタクト領域 2 0 は、アノード電極 1 4 にショットキー接触している。ストライプ状 p 型コンタクト領域 2 0 は、環状 p 型コンタクト領域 2 2 の内周部に形成されている。ストライプ状 p 型コンタクト領域 2 0 の各々は、互いに平行に直線状に伸びている。ストライプ状 p 型コンタクト領域 2 0 は、その両端部において環状 p 型コンタクト領域 2 2 に接続されている。ストライプ状 p 型コンタクト領域 2 0 の多くは、環状 p 型コンタクト領域 2 2 の直線部 2 2 a に接続されている。ストライプ状 p 型コンタクト領域 2 0 のいくつかは、環状 p 型コンタクト領域 2 2 のコーナー部 2 2 b に接続されている。なお、図 1、2 では、図の見易さのためにストライプ状 p 型コンタクト領域 2 0 の数を、実際の数よりも少なく示している。実際には、環状 p 型コンタクト領域 2 2 の内周部に、より狭い間隔でより多くのストライプ状 p 型コンタクト領域 2 0 が配置されている。したがって、図 3 に示すように、コーナー部 2 2 b には、多数のストライプ状 p 型コンタクト領域 2 0 が接続されている。

## 【 0 0 1 5 】

F L R 2 4 は、p 型の半導体領域である。F L R 2 4 は、半導体基板 1 2 の上面 1 2 a に露出する範囲に形成されている。F L R 2 4 は、半導体基板 1 2 の上面 1 2 a 近傍の表層部にのみ形成されている。F L R 2 4 は、コンタクト面 1 5 の外周部（すなわち、周辺領域 1 3）に複数個形成されている。各 F L R 2 4 は、アノード電極 1 4 の周囲を囲むように環状に伸びている。複数の F L R 2 4 は、外周側から内周側に向かって間隔を開けて配置されている。F L R 2 4 の上面は絶縁膜 3 0 に覆われている。

## 【 0 0 1 6 】

ドリフト領域 2 6 は、n 型の半導体領域である。ドリフト領域 2 6 は、ストライプ状 p 型コンタクト領域 2 0 と、環状 p 型コンタクト領域 2 2 と、F L R 2 4 の下側に形成されている。また、ドリフト領域 2 6 は、ストライプ状 p 型コンタクト領域 2 0 と、環状 p 型コンタクト領域 2 2 が形成されていない位置において、半導体基板 1 2 の上面 1 2 a（すなわち、コンタクト面 1 5）まで伸びており、アノード電極 1 4 にショットキー接触している。また、周辺領域 1 3 では、ドリフト領域 2 6 は、F L R 2 4 が形成されていない位置において、半導体基板 1 2 の上面 1 2 a まで伸びている。上述したようにストライプ状 p 型コンタクト領域 2 0 と環状 p 型コンタクト領域 2 2 は接続されている。これらの接続部を除いて、p 型領域 2 0、2 2 及び 2 4 のそれぞれの間の領域にドリフト領域 2 6 が形

10

20

30

40

50

成されている。ドリフト領域 26 によって環状 p 型コンタクト領域 22 は F L R 24 から分離されている。また、ドリフト領域 26 によって、F L R 24 が互いから分離されている。

#### 【0017】

カソード領域 28 は、n 型の半導体領域である。カソード領域 28 は、ドリフト領域 26 の n 型不純物濃度よりも高い n 型不純物濃度を有している。カソード領域 28 は、ドリフト領域 26 の下側に形成されている。カソード領域 28 は、半導体基板 12 の下面 12b に露出する範囲に形成されている。カソード領域 28 は、カソード電極 16 に対してオーミック接触している。カソード領域 28 は、ドリフト領域 26 によって、ストライプ状 p 型コンタクト領域 20、環状 p 型コンタクト領域 22 及び F L R 24 から分離されている。

10

#### 【0018】

次に、ストライプ状 p 型コンタクト領域 20 と環状 p 型コンタクト領域 22 のコーナー部 22b との接続部について、より詳細に説明する。図 4 に示すように、コンタクト面 15 において、ストライプ状 p 型コンタクト領域 20 とコーナー部 22b が接続されている。ストライプ状 p 型コンタクト領域 20 とコーナー部 22b の間には、ドリフト領域 26 が存在している。以下では、ストライプ状 p 型コンタクト領域 20 とコーナー部 22b の間に位置するドリフト領域 26 を、ドリフト領域 26a という。ストライプ状 p 型コンタクト領域 20 とコーナー部 22b との接続部には、エッジ充填部 50 が形成されている。エッジ充填部 50 は、p 型コンタクト領域 18 の一部である。エッジ充填部 50 は、ストライプ状 p 型コンタクト領域 20 とコーナー部 22b との間に配置されている。エッジ充填部 50 は、コーナー部 22b、ストライプ状 p 型コンタクト領域 20 及びドリフト領域 26a に隣接している。図 4 の参照番号 40 は、コンタクト面 15 におけるコーナー部 22b の輪郭 40 (すなわち、コーナー部 22b とドリフト領域 26a の間の境界線) を示している。輪郭 40 は、エッジ充填部 50 に接しない位置のコーナー部 22b の輪郭である。図 4 の参照番号 42 は、コンタクト面 15 におけるストライプ状 p 型コンタクト領域 20 の輪郭 42 (すなわち、ストライプ状 p 型コンタクト領域 20 とドリフト領域 26a の間の境界線) を示している。輪郭 42 は、エッジ充填部 50 に接しない位置のストライプ状 p 型コンタクト領域 20 の輪郭である。図 4 の参照番号 46 は、輪郭 40 を接続部側に延長した延長線 46 を示している。図 4 の参照番号 48 は、輪郭 42 を接続部側に延長した延長線 48 を示している。延長線 46 と延長線 48 は交点 P1 において鋭角 1 で交差している。より詳細には、鋭角 1 は、45° 以下の角度である。つまり、延長線 46 と延長線 48 の間に、鋭角 1 を有する鋭角エッジが形成されている。エッジ充填部 50 は、鋭角エッジを充填するように形成されている。このため、交点 P1、延長線 46 及び延長線 48 の全体が、p 型コンタクト領域 18 内に存在している。図 4 の参照番号 44 は、コンタクト面 15 におけるエッジ充填部 50 の輪郭 44 (すなわち、エッジ充填部 50 とドリフト領域 26a の間の境界線) を示している。輪郭 44 は、ストライプ状 p 型コンタクト領域 20 に対して直交する方向に略直線状に伸びている。輪郭 44 は、輪郭 40 と輪郭 42 に接続されている。輪郭 44 と輪郭 40 の間には角度 2 が形成されている。輪郭 44 と輪郭 42 の間には角度 3 が形成されている。角度 2、3 は、鋭角 1 よりも大きい角度である。より詳細には、角度 2 は鈍角であり、角度 3 は直角である。

20

30

40

#### 【0019】

エッジ充填部 50 が存在しない場合には、輪郭 40 と輪郭 42 が鋭角 1 で接続される。これに対し、本実施例では、エッジ充填部 50 が存在することで、輪郭 40、42、44 が鋭角 1 よりも大きい角度 2、3 で接続されるようになっている。このように、エッジ充填部 50 によって、p 型コンタクト領域 18 の輪郭が、鋭角 1 で折れ曲がることが防止されている。

#### 【0020】

図 4 に示すように、ストライプ状 p 型コンタクト領域 20 は、幅 W2 を有している。また、コーナー部 22b は、コンタクト面 15 内において、幅 W1 を有している。すなわち

50

、幅  $W_1$  は、輪郭 40 とアノード電極 14 の外周縁との間の幅である。図 4 の参照番号 60 は、鋭角 1 を二等分する直線である。図 4 の複合幅  $W_c$  は、直線 60 に直交する方向における交点  $P_1$  を含む部分の p 型コンタクト領域 18 の幅である。複合幅  $W_c$  は、 $W_c = (W_1 + W_2) / \cos(\theta / 2)$  の数式により算出することができる。図 4 の幅  $W_a$  は、直線 60 に直交する方向におけるエッジ充填部 50 を含む部分の p 型コンタクト領域 18 の幅である。幅  $W_a$  は、複合幅  $W_c$  よりも広い。エッジ充填部 50 が存在しない場合には、複合幅  $W_c$  が、接続部の直線 60 に直交する方向における最大幅である。これに対し、本実施例では、エッジ充填部 50 が形成されていることで、p 型コンタクト領域 18 の幅が広がっている。

【0021】

10

図 4 の長さ  $W_3$  は、輪郭 44 の長さを示している。また、図 4 の間隔  $W_4$  は、隣り合うストライプ状 p 型コンタクト領域 20 の間の間隔である。長さ  $W_3$  は、間隔  $W_4$  の半分よりも小さい。

【0022】

次に、SBD10 の動作について説明する。SBD10 に順電圧（すなわち、アノード電極 14 がカソード電極 16 よりも高電位となる電圧）を印加すると、アノード電極 14 とドリフト領域 26 との間のショットキー界面を通して、ドリフト領域 26 からアノード電極 14 に電子が流れる。すなわち、電子が、カソード電極 16 から、カソード領域 28、ドリフト領域 26 を経由してアノード電極 14 へ流れる。これによって、SBD10 がオンする。また、SBD10 では、p 型コンタクト領域 18 には電流は流れない。すなわ

20

【0023】

その後、SBD10 に逆電圧を印加すると、電子の流れが停止し、SBD10 がオフする。また、SBD10 がオフするときには、p 型コンタクト領域 18 からその周囲のドリフト領域 26 に空乏層が広がる。コンタクト面 15 に露出するドリフト領域 26 は、空乏層によってピンチオフされる。これによって、アノード電極 14 とドリフト領域 26 の間のショットキー界面に高い電圧が印加されることが防止される。

【0024】

次に、SBD10 の製造方法について説明する。SBD10 は、ドリフト領域 26 と略同じ n 型不純物濃度を有する半導体基板から製造される。まず、半導体基板の表面に、上述した p 型コンタクト領域 18 及び FLR24 の平面形状と同じ形状の開口部を有するマスクを形成する。環状 p 型コンタクト領域 22 に対応する第 1 開口部は、半導体基板上で閉ループを形成するとともに曲線状に伸びるコーナー部を有している。ストライプ状 p 型コンタクト領域 20 に対応する第 2 開口部は、第 1 開口部の内周部に配置されているとともにコーナー部に接続されている。エッジ充填部 50 に対応する第 3 開口部は、第 1 開口部と第 2 開口部の接続部に形成されている。このため、図 4 の輪郭 40、42、44 に対応する開口部の外周縁が、比較的大きい角度 2、3 で折れ曲がるように形成される。すなわち、マスクに、その外周縁が鋭角 1 で折れ曲がる部分が形成されない。次に、マスクを介して半導体基板に p 型不純物を注入する。これによって、p 型コンタクト領域 18 及び FLR24 が形成される。マスクで覆われている部分には、n 型領域（すなわち、ドリフト領域 26）が残る。次に、半導体基板の表面からマスクを除去する。次に、半導体基板の表面にアノード電極 14 を形成する。アノード電極 14 は、図 2～4 に示すように、ストライプ状 p 型コンタクト領域 20、環状 p 型コンタクト領域 22 及びエッジ充填部 50 と接触し、FLR24 と接触しないように形成する。また、アノード電極 14 は、ストライプ状 p 型コンタクト領域 20、環状 p 型コンタクト領域 22 及びエッジ充填部 50 が形成されていない位置で、ドリフト領域 26 と接触するように形成される。アノード電極 14 は、p 型コンタクト領域 18 とドリフト領域 26 に対してショットキー接触するように形成される。その後、下面 12b 側の構造（すなわち、カソード領域 28 とカソード電極 16）を形成することで、SBD10 が完成する。

30

40

【0025】

50

仮にSBDがエッジ充填部50を有さない場合には、上述した製造工程において、マスクの外周縁を鋭角1で折れ曲がるように形成する必要がある。このように鋭角1で折れ曲がる部分では、マスクを高い精度で形成することができない。また、マスクを高い精度で形成したとしても、p型不純物が半導体基板中で拡散するため、鋭角1のパターンを半導体基板に形成することは困難である。その結果、ストライプ状p型コンタクト領域20とコーナー部22bを鋭角1で接続する接続部を安定して形成することはできない。このため、エッジ充填部50が存在しないと、量産時されるSBDの間で電気的特性のばらつきが大きくなる。また、鋭角1で折れ曲がるマスクの部分は、幅が細いため、製造工程中に半導体基板から脱落する場合がある。その結果、マスクの脱落した部分がパーティクルとなり、製造工程において不具合を起こす場合がある。

10

#### 【0026】

これに対し、本実施例のSBD10はエッジ充填部50を有するので、ストライプ状p型コンタクト領域20とコーナー部22bの接続部においてp型コンタクト領域18の輪郭が鋭角1で折れ曲がるのが防止されている。p型コンタクト領域18の輪郭が鋭角1よりも大きい角度2、3で折れ曲がるので、接続部を高い精度で形成することができる。このため、本実施例のSBD10を量産する際には、SBDの間で電気的特性にばらつきが生じ難い。また、マスクからも鋭角1で折れ曲がる部分がなくなるので、半導体基板からマスクの一部が脱落し難くなる。このため、高い歩留まりでSBD10を製造することができる。

#### 【0027】

20

また、上述したように、SBD10では、電子が、ドリフト領域26からアノード電極14に流れる。したがって、コンタクト面15においてドリフト領域26が露出している領域が、主電流が流れる領域である。実施例のSBD10では、図4の長さW3が間隔W4の半分以下である。長さW3が大きいと、p型のエッジ充填部50の面積が大きくなる。実施例のSBD10では、長さW3を間隔W4の1/2以下とすることで、エッジ充填部50の面積を最小限とし、これによってコンタクト面15におけるドリフト領域26の面積を確保している。このため、主電流が流れる領域が十分に確保されている。

#### 【0028】

なお、上記の実施例では、環状p型コンタクト領域22の内周部に、ストライプ状p型コンタクト領域20が形成されていた。しかしながら、図5に示すように、環状p型コンタクト領域22の内周部に、格子状のp型コンタクト領域が形成されていてもよい。また、他の形状のp型コンタクト領域が形成されていてもよい。すなわち、環状p型コンタクト領域22の内周部に形成されているp型コンタクト領域は、コーナー部22bに接続されている限り、どのような形状であってもよい。

30

#### 【0029】

また、上記の実施例では、コンタクト面15内に1つの環状p型コンタクト領域22が形成されていた。しかしながら、図6に示すように、コンタクト面15内に複数の環状p型コンタクト領域22が形成されていてもよい。なお、図6も、図1と同様に、実際よりもストライプ状p型コンタクト領域20の数を少なく示している。実際には、最も内周側の環状p型コンタクト領域22のコーナー部22bに、複数のストライプ状p型コンタクト領域20が接続されている。なお、図6では、最も内周側の環状p型コンタクト領域22の全体がコンタクト面15内に配置されている。したがって、コーナー部の幅W1は、最も内周側の環状p型コンタクト領域22のコーナー部自体の幅と等しい。

40

#### 【0030】

また、上述した実施例では、エッジ充填部50の輪郭44が直線であったが、図7に示すように輪郭44が曲線（例えば、円弧）であってもよい。この場合、上述した直線60に直交する直線62と輪郭40の間の角度が上述した角度2であり、直線62と輪郭42の間の角度が上述した角度3である。

#### 【0031】

なお、上述した実施例では、角度2が鈍角であり、角度3が直角であった。しかし

50



ながら、角度 2、 3 は、鋭角 1 よりも大きければ、鋭角であってもよい。但し、実施例のように、角度 2 及び角度 3 が 90 度以上であることがより好ましい。

【0032】

また、上記の実施例では、JBSD について説明したが、MPSD において同様の構造を採用してもよい。また、上記の実施例では、p 型コンタクト領域 18 がアノード電極 14 にショットキー接触していたが、オーミック接触していてもよい。

【0033】

上述した実施例の構成要素と請求項の構成要素の関係について説明する。実施例の環状 p 型コンタクト領域 22 は、請求項の第 1 p 型領域の一例である。実施例のストライプ状 p 型コンタクト領域 20 は、請求項の第 2 p 型領域の一例である。実施例の輪郭 40 は、請求項の「エッジ充填部に接しない範囲を延びている第 1 p 型領域の輪郭」の一例である。実施例の輪郭 42 は、請求項のエッジ充填部に接しない範囲を延びている第 2 p 型領域の輪郭」の一例である。実施例の輪郭 44 は、請求項の「エッジ充填部から第 1 p 型領域が離反する位置とエッジ充填部から第 2 p 型領域が離反する位置までの間のエッジ充填部の輪郭」の一例である。実施例の延長線 46 は、請求項の第 1 延長線の一例である。実施例の延長線 48 は、請求項の第 2 延長線の一例である。

【0034】

本明細書が開示する技術要素について、以下に列記する。なお、以下の各技術要素は、それぞれ独立して有用なものである。

【0035】

本明細書が開示する一例の構成では、第 2 p 型領域が、コンタクト面において帯状に伸びている。鋭角  $\theta$  である。コンタクト面内のコーナー部の幅が  $W_1$  である。コンタクト面内の第 2 p 型領域の幅が  $W_2$  である。コンタクト面内のエッジ充填部の位置における p 型コンタクト領域の幅が、第 1 p 型領域と第 2 p 型領域の複合幅  $W_c$  よりも広い。 $W_c = (W_1 + W_2) / \cos(\theta / 2)$  である。

【0036】

本明細書が開示する一例の構成では、第 1 p 型領域とエッジ充填部がなす角が 90 度以上であり、第 2 p 型領域とエッジ充填部がなす角が 90 度以上である。

【0037】

本明細書が開示する一例の構成では、複数本の第 2 p 型領域が平行に伸びている。エッジ充填部から第 1 p 型領域が離反する位置とエッジ充填部から第 2 p 型領域が離反する位置までの間のエッジ充填部の輪郭が第 2 p 型領域に直交している。エッジ充填部の輪郭の長さが、隣り合う第 2 p 型領域の間の間隔の半分以下である。

【0038】

明細書が開示する一例の構成では、第 3 輪郭の長さが、コーナー部と第 2 p 型領域の間の n 型ドリフト領域の最大幅の半分以下である。

【0039】

以上、実施形態について詳細に説明したが、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 1 つの目的を達成すること自体で技術有用性を持つものである。

【符号の説明】

【0040】

- 10 : SBD
- 12 : 半導体基板
- 14 : アノード電極
- 16 : カソード電極

10

20

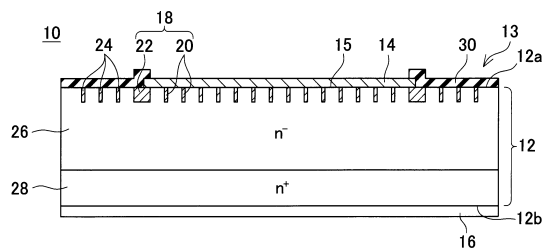
30

40

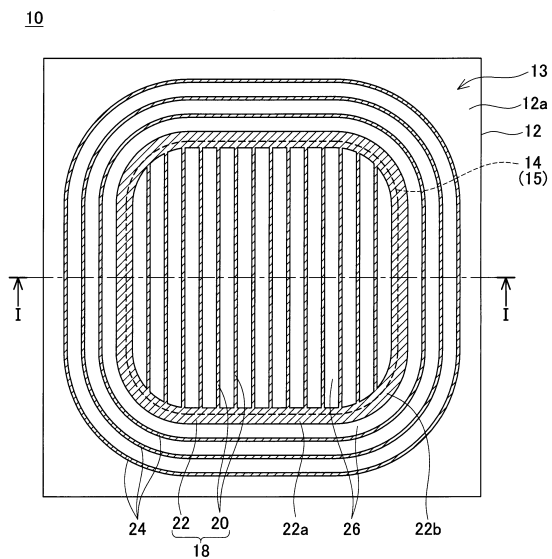
50

- 18 : p型コンタクト領域
- 20 : ストライプ状p型コンタクト領域
- 22 : 環状p型コンタクト領域
- 22a : 直線部
- 22b : コーナー部
- 26 : ドリフト領域
- 28 : カソード領域
- 30 : 絶縁膜
- 50 : 面取部

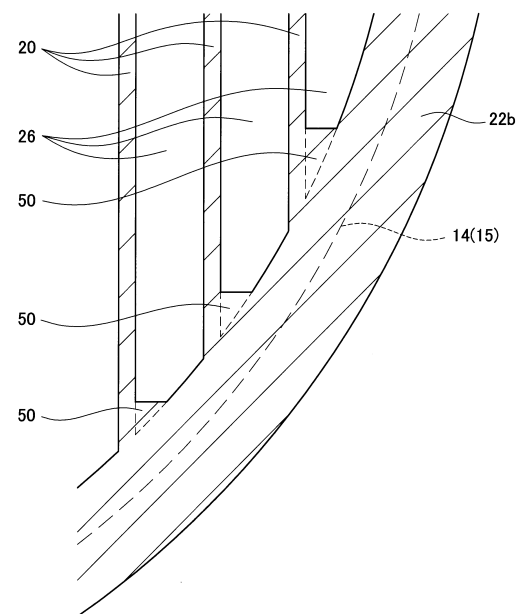
【図1】



【図2】



【図3】





## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
H 0 1 L 29/86 3 0 1 E  
H 0 1 L 29/06 3 0 1 G  
H 0 1 L 29/06 3 0 1 V

(72)発明者 三宅 裕樹  
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 宮原 真一郎  
愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内  
(72)発明者 青井 佐智子  
愛知県長久手市横道 4 1 番地の 1 株式会社豊田中央研究所内

審査官 棚田 一也

(56)参考文献 特開 2 0 1 4 - 1 1 6 4 7 1 ( J P , A )  
特開 2 0 1 0 - 7 4 0 5 8 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
H 0 1 L 2 9 / 8 7 2  
H 0 1 L 2 1 / 3 2 9  
H 0 1 L 2 9 / 0 6  
H 0 1 L 2 9 / 4 7