

【書類名】明細書

【発明の名称】半導体装置

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、半導体装置に関する。

【背景技術】

【0002】

ショットキーバリアダイオード(SBD)やSBDの一種のJBS(Junction Barrier Schottky diode)では、順方向のサージ電流対策として、素子領域内にP i Nダイオードを設ける場合がある。素子領域内にP i Nダイオード部を設けることで、P i Nダイオード部の伝導度変調を利用して大きなサージ電流を流すことを可能としている。

【0003】

また、SBDやJBSでは、逆バイアス時の素子領域の端部の電界強度を緩和し、素子破壊を抑制するために、素子領域の周囲の終端領域に終端構造を設ける。終端構造は、例えば、リサフやガードリングである。

【0004】

逆バイアス時の素子破壊を抑制する観点から、素子領域のジャンクション破壊耐圧を終端構造のジャンクション破壊耐圧よりも低くすることが望ましい。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2013-115394号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明が解決しようとする課題は、逆バイアス時の素子破壊の抑制を可能とする半導体装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

実施形態の半導体装置は、第1の面と第2の面を有する半導体層の一部である素子領域と、前記半導体層の一部であり、前記素子領域を囲む終端領域と、前記第1の面に設けられた第1の電極と、前記第2の面に設けられた第2の電極と、前記半導体層内に設けられ、一部が前記第1の電極と接する第1導電型の第1の半導体領域と、前記素子領域内の前記第1の半導体領域と前記第1の電極との間に設けられた第2導電型の第2の半導体領域と、前記第2の半導体領域と前記第1の電極との間に設けられ、前記第1の電極と電気的に接続され、前記第2の半導体領域よりも第2導電型の不純物濃度の高い第2導電型の第3の半導体領域と、前記終端領域内の前記第1の半導体領域と前記第1の面との間に設けられ、前記第1の電極と電気的に接続され、前記第2の面との間の距離が、前記第2の面と前記第2の半導体領域との距離よりも大きい第2導電型の第4の半導体領域と、を備える。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】第1の実施形態の半導体装置の模式断面図。

【図2】第1の実施形態の半導体装置の模式上面図。

【図3】比較形態の半導体装置の模式断面図。

【図4】第2の実施形態の半導体装置の模式断面図。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、図面を参照しつつ本発明の実施形態を説明する。なお、以下の説明では、同一の

【0010】

また、以下の説明において、 n^+ 、 n 、 n^- 及び、 p^+ 、 p 、 p^- の表記は、各導電型における不純物濃度の相対的な高低を表す。すなわち n^+ は n よりも n 型の不純物濃度が相対的に高く、 n^- は n よりも n 型の不純物濃度が相対的に低いことを示す。また、 p^+ は p よりも p 型の不純物濃度が相対的に高く、 p^- は p よりも p 型の不純物濃度が相対的に低いことを示す。なお、 n^+ 型、 n^- 型を単に n 型、 p^+ 型、 p^- 型を単に p 型と記載する場合もある。

【0011】

不純物濃度は、例えば、SIMS (Secondary Ion Mass Spectrometry) により測定することが可能である。また、不純物濃度の相対的な高低は、例えば、SCM (Scanning Capacitance Microscopy) で求められるキャリア濃度の高低から判断することも可能である。また、不純物領域の深さ等の距離は、例えば、SIMSで求めることが可能である。また、不純物領域の深さ等の距離は、例えば、SCM像とAFM (Atomic Force Microscope) 像との合成画像から求めることが可能である。

【0012】

(第1の実施形態)

本実施形態の半導体装置は、第1の面と第2の面を有する半導体層の一部である素子領域と、半導体層の一部であり、素子領域を囲む終端領域と、第1の面に設けられた第1の電極と、第2の面に設けられた第2の電極と、半導体層内に設けられ、一部が第1の電極と接する第1導電型の第1の半導体領域と、素子領域内の第1の半導体領域と第1の電極との間に設けられた第2導電型の第2の半導体領域と、第2の半導体領域と第1の電極との間に設けられ、第1の電極と電氣的に接続され、第2の半導体領域よりも第2導電型の不純物濃度の高い第2導電型の第3の半導体領域と、終端領域内の第1の半導体領域と第1の面との間に設けられ、第1の電極と電氣的に接続され、第2の面との間の距離が、第2の面と第2の半導体領域との距離よりも大きい第2導電型の第4の半導体領域と、を備える。

【0013】

本実施形態の半導体装置は、第1の面と第2の面を有する半導体層と、第1の面に設けられた第1の電極と、第2の面に設けられた第2の電極と、半導体層内に設けられ、一部が第1の電極と接する第1導電型の第1の半導体領域と、第1の半導体領域と第1の電極との間の半導体層内に設けられた第2導電型の第2の半導体領域と、第2の半導体領域と第1の電極との間の半導体層内に設けられ、第1の電極と電氣的に接続され、第2の半導体領域よりも第2導電型の不純物濃度の高い第2導電型の第3の半導体領域と、半導体層内に第2の半導体領域を囲んで設けられ、第1の電極と電氣的に接続され、第2の面との間の距離が、第2の面と第2の半導体領域との距離よりも大きい第2導電型の第4の半導体領域と、を備える。

【0014】

図1は、本実施形態の半導体装置の模式断面図である。図2は、本実施形態の半導体装置の模式上面図である。図2は、半導体層の第1の面側の不純物領域を示す。図1は、図2のA-A'断面に相当する。

【0015】

本実施形態の半導体装置はJBS (Junction Barrier Schottky diode) である。本実施形態のJBS100は、素子領域に形成されたトレンチの底部に p 型領域を設けるトレンチ型JBS100である。

【0016】

JBS100の半導体層は、素子領域と終端領域を備える。素子領域は、終端領域に囲まれる。

【0017】

素子領域は、JBS100の順バイアス時に主に電流が流れる領域として機能する。終端領域は、JBS100の逆バイアス時に、素子領域の端部に印加される電界の強度を緩和し、JBS100の素子耐圧を向上させる領域として機能する。

【0018】

JBS100は、SiC層（半導体層）10、アノード電極（第1の電極）12、カソード電極（第2の電極）14、フィールド酸化膜16、シリサイド層30を備える。SiC層10は、第1の面と第2の面を備える。アノード電極12は、SiC層10の第1の面に設けられる。カソード電極14は、SiC層10の第2の面に設けられる。フィールド酸化膜16はSiC層10の第1の面に設けられる。

【0019】

SiC層10は、n⁺型のカソード領域（第6の半導体領域）18、n⁻型のドリフト領域（第1の半導体領域）20、p型の第1のアノード領域（第2の半導体領域）22、p⁺型の第2のアノード領域（第3の半導体領域）24、p⁻型のリサーチ領域（第4の半導体領域）26、p型領域（第5の半導体領域）28、p型のエッジ領域23、p⁺型のエッジコンタクト領域25を備える。

【0020】

p型の第1のアノード領域（第2の半導体領域）22、p⁺型の第2のアノード領域（第3の半導体領域）24、及び、p型領域（第5の半導体領域）28は、素子領域に設けられる。p⁻型のリサーチ領域（第4の半導体領域）26は、終端領域に設けられる。

【0021】

SiC層10は、単結晶のSiC（炭化珪素）である。SiC層10は、例えば、4H-SiCである。SiC層10の第1の面が（0001）面に対し0度以上8度以下傾斜した面、第2の面が（000-1）面に対し0度以上8度以下傾斜した面である場合を例に説明する。（0001）面はシリコン面と称される。（000-1）面はカーボン面と称される。

【0022】

n⁺型のカソード領域18は、SiC層10内に設けられる。n⁺型のカソード領域18は、カソード電極14とn⁻型のドリフト領域20との間に設けられる。

【0023】

n⁺型のカソード領域18は、n型不純物を含有する。n型不純物は、例えば、窒素（N）である。n型不純物の不純物濃度は、例えば、 1×10^{18} 以上 $1 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ 以下である。n⁺型のカソード領域18のn型不純物の不純物濃度は、n⁻型のドリフト領域20のn型不純物の不純物濃度よりも高い。n⁻型のドリフト領域20の一部は、アノード電極12に接する。

【0024】

n⁻型のドリフト領域20は、SiC層10内に設けられる。n⁻型のドリフト領域20は、n⁺型のカソード領域18上に設けられる。

【0025】

n⁻型のドリフト領域20は、n型不純物を含有する。n型不純物は、例えば、窒素（N）である。n型不純物の不純物濃度は、例えば、 1×10^{15} 以上 $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以下である。n⁻型のドリフト領域20の厚さは、例えば、 $3 \mu\text{m}$ 以上 $30 \mu\text{m}$ 以下である。

【0026】

なお、n⁺型のカソード領域18と、n⁻型のドリフト領域20との間に、n型不純物の不純物濃度が、n⁺型のカソード領域18の不純物濃度と、n⁻型のドリフト領域20の不純物濃度との間の濃度のn型のバッファ層（図示せず）が設けられても構わない。

【0027】

p型の第1のアノード領域22は、SiC層10内に設けられる。p型の第1のアノード領域22は、n⁻型のドリフト領域20とアノード電極12との間に設けられる。

【0028】

p型の第1のアノード領域22は、第1の面に形成されたトレンチの底部に設けられる。p型の第1のアノード領域22は、例えば、第1の面にトレンチを形成した後、p型不純物をSiC層10にイオン注入することにより形成される。トレンチの深さは、例えば、 $0.3\mu\text{m}$ 以上 $1.0\mu\text{m}$ 以下である。

【0029】

p型の第1のアノード領域22は、例えば、図2に示すようにp+型の第2のアノード領域24を囲むように設けられる。

【0030】

p型の第1のアノード領域22は、p型不純物を含有する。p型不純物は、例えば、アルミニウム(A1)である。p型不純物の不純物濃度は、例えば、 $5\times 10^{16}\text{cm}^{-3}$ 以上 $5\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 以下である。

【0031】

第1の面を基準とするp型の第1のアノード領域22の深さは、例えば、 $0.7\mu\text{m}$ 以上 $2.0\mu\text{m}$ 以下である。p型の第1のアノード領域22の幅(図1中の“w1”)は、例えば、 $5.0\mu\text{m}$ 以上 $20.0\mu\text{m}$ 以下である。

【0032】

p+型の第2のアノード領域24は、SiC層10内に設けられる。p+型の第2のアノード領域24は、p型の第1のアノード領域22とアノード電極12との間に設けられる。p+型の第2のアノード領域24は、p型の第1のアノード領域22の中に設けられる。p+型の第2のアノード領域24は、アノード電極12と電氣的に接続される。

【0033】

p+型の第2のアノード領域24は、第1の面に形成されたトレンチの底部に設けられる。p+型の第2のアノード領域24は、例えば、第1の面にトレンチを形成した後、トレンチの一部が開口したマスク材をマスクに、p型不純物をSiC層10にイオン注入することにより形成される。トレンチの深さは、例えば、 $0.3\mu\text{m}$ 以上 $1.0\mu\text{m}$ 以下である。

【0034】

p+型の第2のアノード領域24は、p型不純物を含有する。p型不純物は、例えば、アルミニウム(A1)である。p+型の第2のアノード領域24の不純物濃度は、p型の第1のアノード領域22の不純物濃度よりも高い。p型不純物の不純物濃度は、例えば、 $1\times 10^{19}\text{cm}^{-3}$ 以上 $1\times 10^{21}\text{cm}^{-3}$ 以下である。

【0035】

第1の面を基準とするp+型の第2のアノード領域24の深さは、例えば、 $0.5\mu\text{m}$ 以上 $1.2\mu\text{m}$ 以下である。p+型の第2のアノード領域24の幅は、例えば、 $2.0\mu\text{m}$ 以上 $15.0\mu\text{m}$ 以下である。

【0036】

p型のエッジ領域23は、SiC層10内に設けられる。p型のエッジ領域23は、は、n-型のドリフト領域20とアノード電極12との間に設けられる。

【0037】

p型のエッジ領域23は、第1の面に形成されたトレンチの底部に設けられる。p型のエッジ領域23は、例えば、第1の面にトレンチを形成した後、p型不純物をSiC層10にイオン注入することにより形成される。トレンチの深さは、例えば、 $0.3\mu\text{m}$ 以上 $1.0\mu\text{m}$ 以下である。p型のエッジ領域23は、例えば、p型の第1のアノード領域22と同一のプロセスステップで、同時形成される。

【0038】

p型のエッジ領域23は、例えば、図2に示すように素子領域の外周部に環状に設けられる。

【0039】

p型のエッジ領域23は、p型不純物を含有する。p型不純物は、例えば、アルミニウム(A1)である。p型不純物の不純物濃度は、例えば、 $5\times 10^{16}\text{cm}^{-3}$ 以上 $5\times$

$1.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下である。

【0040】

第1の面を基準とするp型のエッジ領域23の深さは、例えば、 $0.7 \mu\text{m}$ 以上 $2.0 \mu\text{m}$ 以下である。p型のエッジ領域23の深さは、p型の第1のアノード領域22に等しい。

【0041】

p⁺型のエッジコンタクト領域25は、SiC層10内に設けられる。p⁺型のエッジコンタクト領域25は、p型のエッジ領域23とアノード電極12との間に設けられる。p⁺型のエッジコンタクト領域25は、p型のエッジ領域23の中に設けられる。p⁺型のエッジコンタクト領域25は、アノード電極12と電氣的に接続される。p⁺型のエッジコンタクト領域25は、例えば、図2に示すように素子領域の外周部に環状に設けられる。

【0042】

p⁺型のエッジコンタクト領域25は、第1の面に形成されたトレンチの底部に設けられる。p⁺型のエッジコンタクト領域25は、例えば、第1の面にトレンチを形成した後、トレンチの一部が開口したマスク材をマスクに、p型不純物をSiC層10にイオン注入することにより形成される。トレンチの深さは、例えば、 $0.3 \mu\text{m}$ 以上 $1.0 \mu\text{m}$ 以下である。p⁺型のエッジコンタクト領域25は、例えば、p⁺型の第2のアノード領域24と同一のプロセスステップで、同時形成される。

【0043】

p⁺型のエッジコンタクト領域25は、p型不純物を含有する。p型不純物は、例えば、アルミニウム(A1)である。p⁺型のエッジコンタクト領域25の不純物濃度は、p型のエッジ領域23の不純物濃度よりも高い。p型不純物の不純物濃度は、例えば、 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ 以下である。

【0044】

第1の面を基準とするp⁺型のエッジコンタクト領域25の深さは、例えば、 $0.5 \mu\text{m}$ 以上 $1.2 \mu\text{m}$ 以下である。

【0045】

p型のリサーフ領域26は、SiC層10内に設けられる。p型のリサーフ領域26は、p型の第1のアノード領域22とp型領域28とを囲んで設けられる。p型のリサーフ領域26は、アノード電極12と電氣的に接続される。

【0046】

第2の面とp型のリサーフ領域26との距離(図1中の“d2”)は、第2の面とp型の第1のアノード領域22との距離(図1中の“d1”)よりも大きい。すなわち、 $d2 > d1$ である。言い換えれば、第1の面を基準とするp型のリサーフ領域26の深さは、第1の面を基準とする第1のアノード領域22の深さよりも浅い。

【0047】

n⁺型のカソード領域18の厚さは略一定であるため、n⁺型のカソード領域18とp型のリサーフ領域26との距離は、n⁺型のカソード領域18とp型の第1のアノード領域22との距離よりも大きい。言い換えれば、n⁺型のカソード領域18とp型のリサーフ領域26との間のn⁻型のドリフト領域20の厚さは、n⁺型のカソード領域18とp型の第1のアノード領域22との間のn⁻型のドリフト領域20の厚さよりも厚い。

【0048】

p型のリサーフ領域26は、JBS100の耐圧を向上させるための終端構造である。

【0049】

p型のリサーフ領域26は、p型不純物を含有する。p型不純物は、例えば、アルミニウム(A1)である。p型不純物の不純物濃度は、例えば、 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下である。

【0050】

p型のリサーフ領域26のp型不純物の不純物濃度は、p型の第1のアノード領域22

、p型のエッジ領域23のp型不純物の不純物濃度よりも低い。

【0051】

複数のp型領域28は、p型のリサーフ領域26に囲まれたSiC層10内に設けられる。p型領域28の幅(図1中の“w2”)は、p型の第1のアノード領域22の幅(図1中の“w1”)よりも狭い。すなわち、 $w2 < w1$ である。p型領域28は、アノード電極12と接する。

【0052】

p型領域28は、例えば、図2に示すようにストライプ形状である。

【0053】

第2の面とp型のリサーフ領域26との距離(図1中の“d2”)は、第2の面とp型領域28との距離(図1中の“d3”)よりも大きい。すなわち、 $d2 > d3$ である。言い換えれば、第1の面を基準とするp型のリサーフ領域26の深さは、第1の面を基準とするp型領域28の深さよりも浅い。

【0054】

p型領域28は、p型不純物を含有する。p型不純物は、例えば、アルミニウム(Al)である。p型不純物の不純物濃度は、例えば、 $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下である。

【0055】

第1の面を基準とするp型領域28の深さは、例えば、 $0.7 \mu\text{m}$ 以上 $2.0 \mu\text{m}$ 以下である。p型領域28の幅(図1中の“w2”)は、例えば、 $1.0 \mu\text{m}$ 以上 $3.0 \mu\text{m}$ 以下である。p型領域28とp型領域28との間隔は、例えば、 $1.0 \mu\text{m}$ 以上 $5.0 \mu\text{m}$ 以下である。

【0056】

p型領域28は、第1の面に形成されたトレンチの底部に設けられる。p型領域28は、例えば、第1の面にトレンチを形成した後、p型不純物をSiC層10にイオン注入することにより形成される。トレンチの深さは、例えば、 $0.3 \mu\text{m}$ 以上 $1.0 \mu\text{m}$ 以下である。

【0057】

例えば、第2の面とp型の第1のアノード領域22との間の距離(図1中の“d1”)が、第2の面とp型領域28との距離(図1中の“d3”)と略同一である。すなわち、 $d1 = d3$ である。また、p型の第1のアノード領域22のp型不純物の不純物濃度が、p型領域28のp型不純物の不純物濃度と略同一である。

【0058】

例えば、同一のプロセスステップで、p型領域28と、p型の第1のアノード領域22を形成する。例えば、p型領域28形成用のトレンチとp型の第1のアノード領域22形成用のトレンチを同時形成する。その後、トレンチの底部にp型不純物をイオン注入し、活性化アニールにより活性化する。

【0059】

このプロセスステップにより、第2の面とp型の第1のアノード領域22との間の距離(図1中の“d1”)が、第2の面とp型領域28との距離(図1中の“d3”)と略同一になる。また、p型の第1のアノード領域22のp型不純物の不純物濃度が、p型領域28のp型不純物の不純物濃度と略同一になる。

【0060】

シリサイド層30は、p+型の第2のアノード領域24とアノード電極12との間に設けられる。シリサイド層30は、例えば、ニッケルシリサイド層、又は、チタンシリサイド層である。シリサイド層20の膜厚は、例えば、 $0.05 \mu\text{m}$ 以上 $0.3 \mu\text{m}$ 以下である。

【0061】

フィールド酸化膜16は、p型のリサーフ領域26上に設けられる。フィールド酸化膜16は、例えば、シリコン酸化膜である。フィールド酸化膜16は、開口部を備える。フ

フィールド酸化膜16の膜厚は、例えば、 $0.2\mu\text{m}$ 以上 $1.0\mu\text{m}$ 以下である。

【0062】

アノード電極12は、フィールド酸化膜16の開口部で、 n -型のドリフト領域20、シリサイド層30、 p 型領域28に接する。アノード電極12は、 p 型の第1のアノード領域22上に設けられたトレンチ及び p 型領域28上に設けられたトレンチを埋め込んでいる。言い換えれば、 p 型の第1のアノード領域22上のアノード電極12の一部が、 n -型のドリフト領域20に挟まれている。また、 p 型領域28上のアノード電極12の一部が、 n -型のドリフト領域20に挟まれている。

【0063】

アノード電極12は、 n -型のドリフト領域20と、第1の面上及びトレンチの側面で接する。 n -型のドリフト領域20とアノード電極12との間のコンタクトは、ショットキーコンタクトである。

【0064】

アノード電極12は金属である。アノード電極12は、例えば、チタン(Ti)とアルミニウム(Al)の積層膜である。

【0065】

カソード電極14は、 n +型のカソード領域18に接して設けられる。カソード電極14と n +型のカソード領域18とのコンタクトは、オーミックコンタクトである。

【0066】

カソード電極14は金属である。カソード電極14は、例えば、チタン(Ti)とアルミニウム(Al)の積層膜である。

【0067】

次に、本実施形態のJBS100の作用及び効果について説明する。

【0068】

図3は、比較形態の半導体装置の模式断面図である。比較形態の半導体装置は、JBSである。比較形態のJBS900は、本実施形態のJBS100と異なり、トレンチを備えないプレーナ型JBSである。

【0069】

JBS900は、 p 型の第1のアノード領域22及び p 型領域28が、トレンチ底部ではなく、第1の面に設けられる。第2の面と p 型のリサーフ領域26との距離(図3中の“ $d2$ ”)は、第2の面と p 型の第1のアノード領域22との距離(図3中の“ $d1$ ”)よりも小さい。すなわち、 $d2 < d1$ である。

【0070】

また、第2の面と p 型のリサーフ領域26との距離(図3中の“ $d2$ ”)は、第2の面と p 型領域28との距離(図3中の“ $d3$ ”)よりも小さい。すなわち、 $d2 < d3$ である。

【0071】

JBS900は、 n -型のドリフト領域20と p 型の第1のアノード領域22との間に、 n 型領域32を備える。 n 型領域32は、 n 型不純物を含む。 n 型不純物は、例えば、窒素(N)である。 n 型不純物の不純物濃度は、例えば、 1×10^{17} 以上 $1 \times 10^{19}\text{cm}^{-3}$ 以下である。 n 型領域32の n 型不純物の不純物濃度は、 n -型のドリフト領域20の n 型不純物の不純物濃度よりも高い。

【0072】

JBS900は、 p 型領域28を設けることで、JBS900に逆バイアスが印加された場合、 p 型領域28の間の n -型のドリフト領域20が空乏層でピンチオフされる。したがって、JBS900の逆電流(I_R)の低減が可能である。

【0073】

更に、JBS900は、素子領域内にアノード電極12、シリサイド層30、 p +型の第2のアノード領域24、 p 型の第1のアノード領域22、 n 型領域32、 n -型のドリフト領域20、カソード電極26で構成されるPINダイオード部を備える。PINダイ

【0074】

また、JBS900は、PiNダイオード部にn型領域32を設けることでpnジャンクションのプロファイルを急峻にし、PiNダイオード部のジャンクション破壊耐圧を、p型のリサーフ領域26で形成される終端構造のジャンクション破壊耐圧よりも低くしている。

【0075】

したがって、逆バイアス時のジャンクション破壊が、終端構造よりもPiNダイオード部で生じやすくなる。PiNダイオード部では、ジャンクション破壊が、終端構造よりも広い面積領域で生じる。このため、ジャンクション破壊による発熱等が抑制され、素子破壊が抑制される。

【0076】

もともと、JBS900では、PiNダイオード部のジャンクション破壊耐圧を、p型のリサーフ領域26で形成される終端構造のジャンクション破壊耐圧よりも低くするために、n型領域32を形成するための追加的なプロセスステップが必要となる。また、n型領域32を設けることで、結晶欠陥等に起因する逆バイアス時のPiNダイオード部のジャンクションリーク電流が増大し、JBS900の逆電流(I_R)が大きくなる恐れがある。

【0077】

また、JBS900では、p型領域28やp型の第1のアノード領域22が素子領域に設けられる。このため、アノード電極12とn型のドリフト領域20との接触面積、すなわちショットキーコンタクトの面積が小さくなり、JBS900の順電圧(V_F)が増大する。

【0078】

本実施形態のJBS100では、第2の面とp型のリサーフ領域26との距離(図1中の“d2”)は、第2の面とp型の第1のアノード領域22との距離(図1中の“d1”)よりも大きい。すなわち、 $d2 > d1$ である。

【0079】

したがって、PiNダイオード部の下のn型のドリフト領域20の厚さが、JBS900と比較して薄くなる。PiNダイオード部のジャンクション破壊耐圧は、n型のドリフト領域20の厚さが薄くなることによって低下する。したがって、本実施形態のJBS100では、n型領域32を設けることなく、PiNダイオード部のジャンクション破壊耐圧を低下させることが可能となる。

【0080】

特に、PiNダイオード部の下のn型のドリフト領域20の厚さを、リサーフ領域26下のn型のドリフト領域20の厚さよりも薄くすることで、逆バイアス時のジャンクション破壊が、終端構造よりもPiNダイオード部で生じやすくなる。

【0081】

また、n型領域32を設けないため、JBS900と比較して、逆電流(I_R)の低減が可能となる。

【0082】

更に、トレンチ型JBSとすることで、順電圧(V_F)を低減させることが可能となる。順電圧(V_F)の低減は、例えば、トレンチの側面で、アノード電極12とn型のドリフト領域20とを接触させ、ショットキーコンタクトの面積を増大させることで実現できる。

【0083】

JBS100は、トレンチ型JBSとすることで、順電圧(V_F)と逆電流(I_R)とのトレードオフを改善することが可能となる。

【0084】

また、本実施形態のJBS100によれば、同一のプロセスステップで、トレンチ型J

B S と、ジャンクション破壊耐圧の低い P i N ダイオード部を、容易に形成することが可能となる。特に、S i C 層の場合、例えば、S i (シリコン) 層と比較して、イオン注入による深い不純物領域の形成が困難である。したがって、トレンチ型 J B S のトレンチ形成を利用して、深い p 型の第 1 のアノード領域 2 2 を形成できるプロセスステップは有効である。

【0085】

なお、逆バイアス時のジャンクション破壊を、終端構造よりも P i N ダイオード部で生じやすくする観点から、p 型のリサーフ領域 2 6 の p 型不純物の不純物濃度は、p 型の第 1 のアノード領域 2 2 の p 型不純物の不純物濃度よりも低いことが望ましい。

【0086】

また、アノード電極 1 2 と、p 型の第 1 のアノード領域 2 2 との間の抵抗を低減する観点から、シリサイド層 3 0 が設けられることが望ましい。

【0087】

以上、本実施形態によれば、逆バイアス時の素子破壊の抑制を可能とする J B S 1 0 0 が実現できる。また、逆電流 (I_R) が低減した J B S 1 0 0 が実現できる。また、順電圧 (V_F) が低減した J B S 1 0 0 が実現できる。

【0088】

(第 2 の実施形態)

本実施形態の半導体装置は、第 5 の半導体領域を備えない点以外は、第 1 の実施形態と同様である。したがって、第 1 の実施形態と重複する内容については、記述を省略する。

【0089】

図 4 は、本実施形態の半導体装置の模式断面図である。

【0090】

本実施形態の半導体装置は S B D である。本実施形態の S B D 2 0 0 は、第 1 の実施形態の J B S 1 0 0 と異なり、p 型領域 2 8 を備えない。

【0091】

S B D 2 0 0 は、素子領域と終端領域を備える。素子領域は、終端領域に囲まれる。

【0092】

S B D 2 0 0 は、S i C 層 (半導体層) 1 0、アノード電極 (第 1 の電極) 1 2、カソード電極 (第 2 の電極) 1 4、フィールド酸化膜 1 6、シリサイド層 3 0 を備える。S i C 層 1 0 は、第 1 の面と第 2 の面を備える。アノード電極 1 2 は、S i C 層 1 0 の第 1 の面に設けられる。カソード電極 1 4 は、S i C 層 1 0 の第 2 の面に設けられる。フィールド酸化膜 1 6 は半導体層 1 0 の第 1 の面に設けられる。

【0093】

S i C 層 1 0 は、 n^+ 型のカソード領域 (第 6 の半導体領域) 1 8、 n^- 型のドリフト領域 (第 1 の半導体領域) 2 0、p 型の第 1 のアノード領域 (第 2 の半導体領域) 2 2、 p^+ 型の第 2 のアノード領域 (第 3 の半導体領域) 2 4、 p^- 型のリサーフ領域 (第 4 の半導体領域) 2 6、p 型のエッジ領域 2 3、 p^+ 型のエッジコンタクト領域 2 5 を備える。

【0094】

p 型の第 1 のアノード領域 2 2 は、第 1 の面に形成されたトレンチの底部に設けられる。p 型の第 1 のアノード領域 2 2 は、例えば、第 1 の面にトレンチを形成した後、p 型不純物を S i C 層 1 0 にイオン注入することにより形成される。

【0095】

第 2 の面と p 型のリサーフ領域 2 6 との距離 (図 4 中の “d 2”) は、第 2 の面と p 型の第 1 のアノード領域 2 2 との距離 (図 4 中の “d 1”) よりも大きい。すなわち、 $d_2 > d_1$ である。言い換えれば、第 1 の面を基準とする p 型のリサーフ領域 2 6 の深さは、第 1 の面を基準とする第 1 のアノード領域 2 2 の深さよりも浅い。

【0096】

本実施形態によれば、第 1 の実施形態と同様の作用により、逆バイアス時の素子破壊の

【0097】

第1及び第2の実施形態では、半導体層としてSiC層を例に説明したが、SiC層にかえて、例えば、Si（シリコン）層を用いたダイオードにも、本発明を適用することが可能である。

【0098】

また、第1及び第2の実施形態では、SiCとして4H-SiCの場合を例示したが、3C-SiC、6H-SiC等、その他の結晶形を用いることも可能である。

【0099】

また、第1及び第2の実施形態では、半導体層がSiC層の場合に、第1の面として（0001）面に対し0度以上8度以下傾斜した面、第2の面として（000-1）面に対し0度以上8度以下傾斜した面である場合を例に説明したが、その他の面方位の面を用いることも可能である。

【0100】

また、第1及び第2の実施形態では、n型不純物として窒素（N）を例示したが、リン（P）、砒素（As）、アンチモン（Sb）等を適用することも可能である。また、p型不純物としてアルミニウム（Al）を例示したが、ボロン（B）を用いることも可能である。

【0101】

また、第1及び第2の実施形態では、第1導電型としてn型、第2導電型としてp型を例に説明したが、第1導電型をp型、第2導電型をn型とすることも可能である。

【0102】

また、第1の実施形態では、トレンチの側面に、アノード電極12のショットキーコンタクトとを設ける場合を例に説明したが、例えば、トレンチの側面をp型領域28で覆う形態とすることも可能である。

【0103】

また、第1の実施形態では、トレンチ型JBSを例に説明したが、p型領域28を第1の面に設けるプレーナ型JBSに本発明を適用することも可能である。

【0104】

また、第1のアノード領域22の形状は、図2の形状に限定されるものではなく、例えば、ストライプ形状、ドット形状等、その他の形状とすることも可能である。また、p型領域28の形状は、図2の形状に限定されるものではなく、リング形状、ドット形状等、その他の形状とすることも可能である。

【0105】

また、第1及び第2の実施形態では、第1のアノード領域22上にトレンチを設ける場合を例に説明したが、トレンチを設けず、第1のアノード領域22が第1の面に設けられる形態とすることも可能である。この形態の場合、第1のアノード領域22は、例えば、p型不純物の高加速イオン注入で形成する。

【0106】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。例えば、一実施形態の構成要素を他の実施形態の構成要素と置き換え又は変更してもよい。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

【符号の説明】

【0107】

- 10 SiC層（半導体層）
- 12 アノード電極（第1の電極）

1 4	カソード電極 (第 2 の電極)
1 8	n ⁺ 型のカソード領域 (第 6 の半導体領域)
2 0	n ⁻ 型のドリフト領域 (第 1 の半導体領域)
2 2	p型の第 1 のアノード領域 (第 2 の半導体領域)
2 4	p ⁺ 型の第 2 のアノード領域 (第 3 の半導体領域)
2 6	p ⁻ 型のリサーフ領域 (第 4 の半導体領域)
2 8	p型領域 (第 5 の半導体領域)
3 0	シリサイド層
1 0 0	J B S (半導体装置)
2 0 0	S B D (半導体装置)

【書類名】 特許請求の範囲

【請求項 1】

第 1 の面と第 2 の面を有する半導体層の一部である素子領域と、
前記半導体層の一部であり、前記素子領域を囲む終端領域と、
前記第 1 の面に設けられた第 1 の電極と、
前記第 2 の面に設けられた第 2 の電極と、
前記半導体層内に設けられ、一部が前記第 1 の電極と接する第 1 導電型の第 1 の半導体領域と、

前記素子領域内の前記第 1 の半導体領域と前記第 1 の電極との間に設けられた第 2 導電型の第 2 の半導体領域と、

前記第 2 の半導体領域と前記第 1 の電極との間に設けられ、前記第 1 の電極と電氣的に接続され、前記第 2 の半導体領域よりも第 2 導電型の不純物濃度の高い第 2 導電型の第 3 の半導体領域と、

前記終端領域内の前記第 1 の半導体領域と前記第 1 の面との間に設けられ、前記第 1 の電極と電氣的に接続され、前記第 2 の面との間の距離が、前記第 2 の面と前記第 2 の半導体領域との距離よりも大きい第 2 導電型の第 4 の半導体領域と、
を備える半導体装置。

【請求項 2】

前記第 4 の半導体領域の第 2 導電型の不純物濃度が、前記第 2 の半導体領域の第 2 導電型の不純物濃度よりも低い請求項 1 記載の半導体装置。

【請求項 3】

前記素子領域内に設けられ、前記第 1 の電極に電氣的に接続され、前記第 2 の半導体領域よりも幅の狭い第 2 導電型の複数の第 5 の半導体領域を、更に、備える請求項 1 又は請求項 2 記載の半導体装置。

【請求項 4】

前記第 2 の面と前記第 4 の半導体領域との間の距離が、前記第 2 の面と前記第 5 の半導体領域との間の距離よりも大きい請求項 3 記載の半導体装置。

【請求項 5】

前記第 2 の面と前記第 2 の半導体領域との間の距離が、前記第 2 の面と前記第 5 の半導体領域との間の距離と略同一であり、前記第 2 の半導体領域の第 2 導電型の不純物濃度が、前記第 5 の半導体領域の第 2 導電型の不純物濃度と略同一である請求項 3 又は請求項 4 記載の半導体装置。

【請求項 6】

前記第 5 の半導体領域と前記第 1 の電極とが接する請求項 3 乃至請求項 5 いずれか一項記載の半導体装置。

【請求項 7】

前記第 2 の半導体領域上の前記第 1 の電極の一部が前記第 1 の半導体領域の間に挟まれた請求項 1 乃至請求項 6 いずれか一項記載の半導体装置。

【請求項 8】

前記第 5 の半導体領域上の前記第 1 の電極の一部が前記第 1 の半導体領域の間に挟まれた請求項 1 乃至請求項 7 いずれか一項記載の半導体装置。

【請求項 9】

前記第 2 の電極と前記第 1 の半導体領域との間に設けられ、前記第 1 の半導体領域よりも第 1 導電型の不純物濃度の高い第 1 導電型の第 6 の半導体領域を、更に備える請求項 1 乃至請求項 8 いずれか一項記載の半導体装置。

【請求項 10】

前記第 1 の半導体領域と前記第 1 の電極との間のコンタクトは、ショットキーコンタクトである請求項 1 乃至請求項 9 いずれか一項記載の半導体装置。

【請求項 11】

前記半導体層は SiC 層である請求項 1 乃至請求項 10 いずれか一項記載の半導体装置

。

【請求項 1 2】

前記第 3 の半導体領域と前記第 1 の電極との間に設けられたシリサイド層を、更に備える請求項 1 乃至請求項 1 1 いずれか一項記載の半導体装置。

【請求項 1 3】

第 1 の面と第 2 の面を有する半導体層の一部である素子領域と、
前記半導体層の一部であり、前記素子領域を囲む終端領域と、
前記第 1 の面に設けられた第 1 の電極と、
前記第 2 の面に設けられた第 2 の電極と、
前記半導体層内に設けられ、一部が前記第 1 の電極と接する第 1 導電型の第 1 の半導体領域と、

前記素子領域内の前記第 1 の半導体領域と前記第 1 の電極との間に設けられた第 2 導電型の第 2 の半導体領域と、

前記第 2 の半導体領域と前記第 1 の電極との間に設けられ、前記第 1 の電極と電氣的に接続され、前記第 2 の半導体領域よりも第 2 導電型の不純物濃度の高い第 2 導電型の第 3 の半導体領域と、

前記終端領域内の前記第 1 の半導体領域と前記第 1 の面との間に設けられ、前記第 1 の電極と電氣的に接続され、前記第 1 の面を基準とする深さが、前記第 1 の面を基準とする前記第 2 の半導体領域の深さよりも浅い第 2 導電型の第 4 の半導体領域と、
を備える半導体装置。

【書類名】 要約書

【要約】

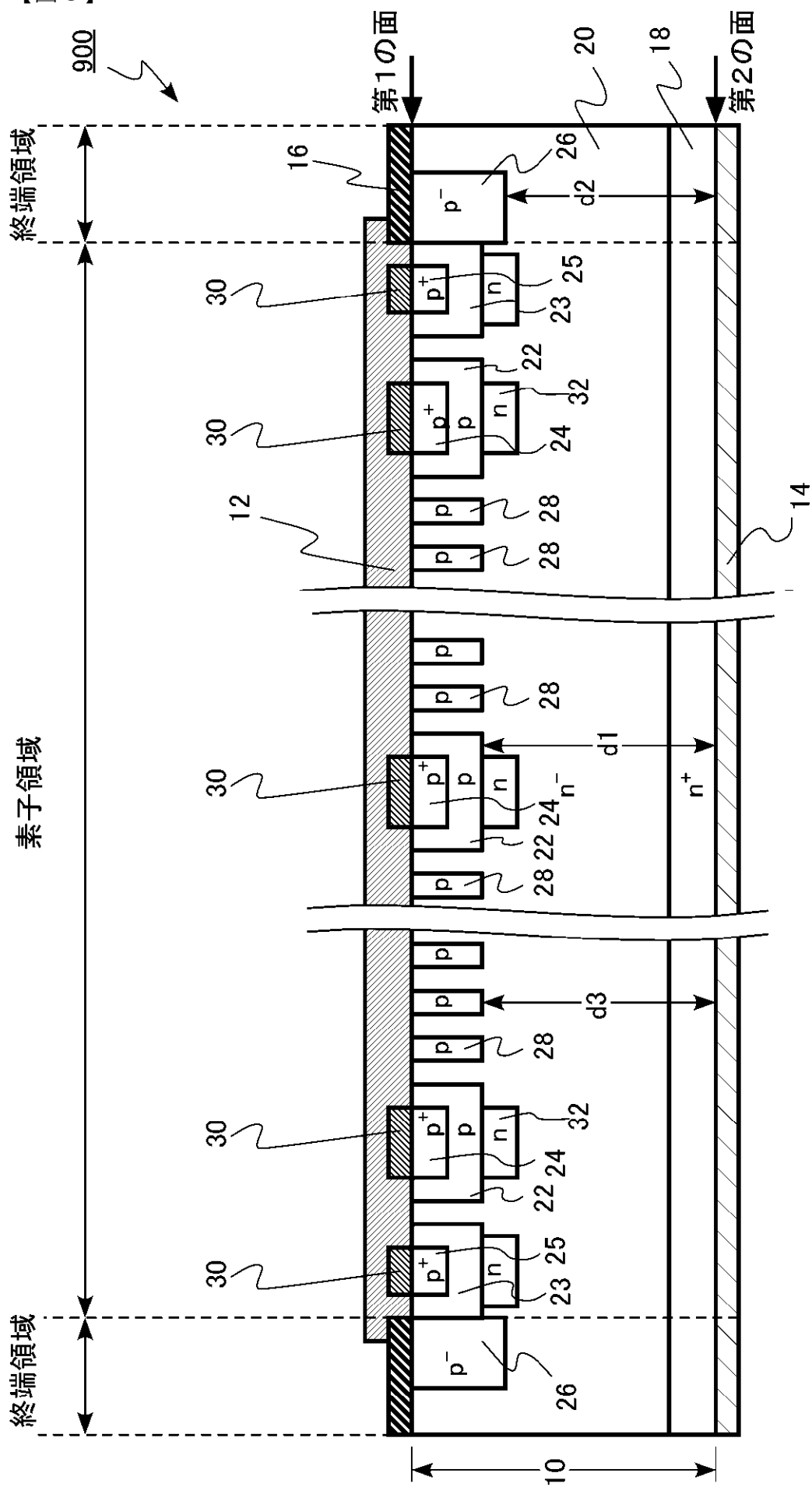
【課題】 逆バイアス時の素子破壊の抑制を可能とする半導体装置を提供する。

【解決手段】 実施形態の半導体装置は、第1の面と第2の面を有する半導体層の一部である素子領域と、素子領域を囲む終端領域と、第1の面に設けられた第1の電極と、第2の面に設けられた第2の電極と、半導体層内に設けられ、一部が第1の電極と接する第1導電型の第1の半導体領域と、素子領域内の第1の半導体領域と第1の電極との間に設けられた第2導電型の第2の半導体領域と、第2の半導体領域と第1の電極との間に設けられ、第1の電極と電氣的に接続され、第2の半導体領域よりも第2導電型の不純物濃度の高い第2導電型の第3の半導体領域と、終端領域内の第1の半導体領域と第1の面との間に設けられ、第1の電極と電氣的に接続され、第2の面との間の距離が、第2の面と第2の半導体領域との距離よりも大きい第2導電型の第4の半導体領域と、を備える。

【選択図】 図1

【書類名】 図面

【図 3】



【図 4】

