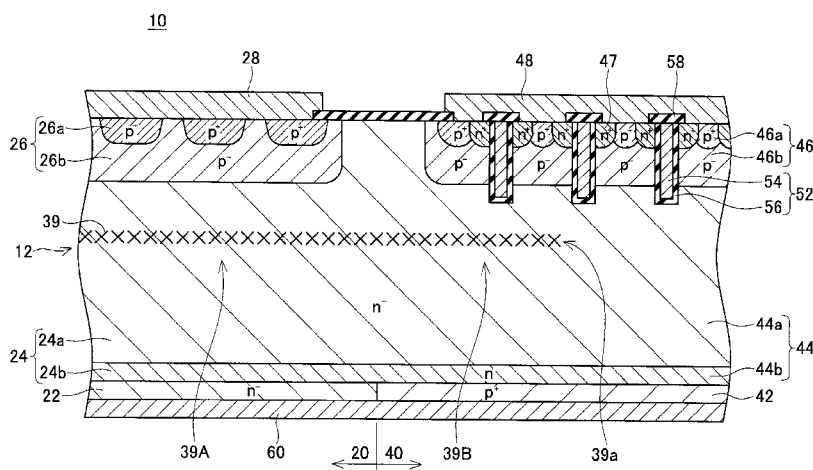


PCT

- 〔続葉有〕

(54) 発明の名称：半導体装置

[圖1]



〔続葉有〕



(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,
GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,
NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF,
BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE,
SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

半導体装置の半導体層には、ダイオード領域と IGBT 領域が形成されている。半導体層には、ライフタイム制御領域が形成されている。ライフタイム制御領域は、平面視したときに、ダイオード領域に位置する第 1 ライフタイム制御領域と、IGBT 領域の一部に位置する第 2 ライフタイム制御領域を有している。その第 2 ライフタイム制御領域は、ダイオード領域と IGBT 領域の境界から IGBT 領域内に向けて伸びている。第 2 ライフタイム制御領域の先端は、平面視したときに、IGBT 領域のボディ領域の形成範囲に位置する。

明 細 書

発明の名称：半導体装置

技術分野

[0001] 本出願は、2010年4月2日に出願された日本国特許出願第2010-086148号に基づく優先権を主張する。その出願の全ての内容は、この明細書中に参照により援用されている。

本発明は、ダイオード領域とIGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) 領域が形成されている半導体層を備える半導体装置に関する。

背景技術

[0002] ダイオード領域とIGBT領域を同一の半導体層内に混在させた半導体装置が開発されている。この種の半導体装置では、ダイオード領域がフリーホイールダイオード (Free Wheeling Diode: FWD) として利用されており、IGBT領域がオフのときに、負荷電流を還流させる。この種の半導体装置では、ダイオード領域の逆回復特性を改善することが重要な課題となっている。

[0003] 特開2009-267394号公報及び特開2008-192737号公報には、ダイオード領域の逆回復特性を改善するために、半導体層内にライフタイム制御領域を形成する技術が提案されている。ライフタイム制御領域は、負荷電流が還流するときに注入される過剰なキャリアを再結合によって消失させ、逆回復時の逆回復電荷量 (Q_{rr}) を低減させるために形成されている。特開2009-267394号公報には、ダイオード領域とIGBT領域の双方に亘ってライフタイム制御領域を形成する技術が開示されている。特開2008-192737号公報には、ダイオード領域にのみライフタイム制御領域を選択的に形成する技術が開示されている。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特開2009-267394号公報のように、ダイオード領域とIGBT

領域の双方に亘ってライフタイム制御領域が形成されていると、ＩＧＢＴ領域がオンしたときに、ＩＧＢＴ領域に存在するライフタイム制御領域がキャリアの輸送効率を低下させてしまう。このため、特開２００９－２６７３９４号公報の半導体装置は、オン電圧が大きいという問題がある。一方、特開２００８－１９２７３７号公報のように、ダイオード領域にのみライフタイム制御領域が形成されていると、そのようなオン電圧の増大が抑制される。

[0005] しかしながら、本発明者らの詳細な検討の結果、以下のことが分かってきた。ＩＧＢＴ領域には、ボディ領域とドリフト領域の間に寄生ダイオードが存在している。このため、負荷電流が還流しているとき、ダイオード領域とＩＧＢＴ領域の境界近傍では、前記寄生ダイオードが順バイアスされ、寄生ダイオードを介してキャリアが注入されてしまうことがあることが分かってきた。

[0006] このため、特開２００８－１９２７３７号公報のように、ダイオード領域にのみライフタイム領域が形成されていると、ＩＧＢＴ領域の寄生ダイオードを介して注入されるキャリアを良好に消失させることができない。このため、本発明者らの詳細な検討の結果、ＩＧＢＴ領域の寄生ダイオードを介して注入されるキャリアによって逆回復電荷量（ Q_{rr} ）が増大することが分かってきた。

[0007] 本願明細書に開示される技術は、上記新規な知見を契機として創作されたものであり、オン電圧と逆回復電荷量（ Q_{rr} ）の双方を改善することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0008] 本願明細書で開示される半導体装置は、平面視したときに、ダイオード領域に位置する第１ライフタイム制御領域とＩＧＢＴ領域の一部に位置する第２ライフタイム制御領域を有することを特徴としている。第２ライフタイム制御領域は、ダイオード領域とＩＧＢＴ領域の境界からＩＧＢＴ領域内に向けて伸びていることを特徴としている。より具体的には、第２ライフタイム制御領域が、平面視したときに、ＩＧＢＴ領域のボディ領域の形成範囲の一

部に重複して形成されていることを特徴としている。これにより、IGBT領域の寄生ダイオードを介して注入されるキャリアの少なくとも一部を、第2ライフタイム制御領域によって消失させることができるので、逆回復電荷量 (Q_{rr}) の増大を抑制することができる。また、第2ライフタイム制御領域は、IGBT領域の一部に形成されており、IGBT領域の全域に亘って形成されていない。このため、第2ライフタイム制御領域を形成したことによるオン電圧の増大も抑えられる。本明細書で開示される技術によると、オン電圧と逆回復電荷量 (Q_{rr}) の双方が改善された半導体装置を具現化することができる。

発明の効果

- [0009] 本明細書で開示される技術によると、オン電圧と逆回復電荷量 (Q_{rr}) の双方が改善された半導体装置を具現化することができる。

図面の簡単な説明

- [0010] [図1] 図1は、第1実施例の半導体装置の要部断面図を模式的に示す。
[図2] 図2は、ダイオード領域の順方向電圧と逆回復電荷量 (Q_{rr}) の関係を示す。
[図3] 図3は、ダイオード領域とIGBT領域の境界からの長さと逆回復電荷量 (Q_{rr}) の関係を示す。
[図4] 図4は、第2実施例の半導体装置の要部断面図を模式的に示す。

発明を実施するための形態

- [0011] 本明細書で開示される半導体装置は、ダイオード領域とIGBT領域が形成されている半導体層を備えている。ダイオード領域は、半導体層の表層部に形成されているp型のアノード領域と、半導体層の裏層部に形成されているn型のカソード領域を有している。IGBT領域は、半導体層の表層部に形成されているp型のボディ領域と、半導体層の裏層部に形成されているp型のコレクタ領域を有している。ここで、本願明細書では、半導体層の裏層部にp型のコレクタ領域が形成されている範囲をIGBT領域と定義する。したがって、ダイオード領域とIGBT領域の境界とは、コレクタ領域の形

成範囲と非形成範囲の境界となる。一例では、ダイオード領域の n 型のカソード領域と IGBT 領域の p 型のコレクタ領域が隣接していることが多い。したがって、ダイオード領域と IGBT 領域の境界とは、カソード領域とコレクタ領域の接合面となることもある。半導体層には、半導体層の水平方向に連続して伸びているライフタイム制御領域が形成されている。ライフタイム制御領域は、キャリアのライフタイムが周囲の領域よりも短縮化された領域である。一例では、ライフタイム制御領域は、結晶欠陥が意図的に形成された領域である。本明細書で開示される半導体装置では、ライフタイム制御領域が、平面視したときに、ダイオード領域に位置する第 1 ライフタイム制御領域と IGBT 領域の一部に位置する第 2 ライフタイム制御領域を有する。第 2 ライフタイム制御領域は、ダイオード領域と IGBT 領域の境界から IGBT 領域内に向けて伸びている。第 2 ライフタイム制御領域の先端が、平面視したときに、IGBT 領域のボディ領域の形成範囲に位置する。このように、第 2 ライフタイム制御領域が IGBT 領域のボディ領域の下方に形成されていると、IGBT 領域の寄生ダイオードを介して注入されたキャリアは、第 2 ライフタイム制御領域において再結合する確率が大幅に増加する。この結果、寄生ダイオードを介して注入されたキャリアが逆回復電荷量 (Q_{rr}) に及ぼす影響が低減される。

[0012] 本願明細書で開示される半導体装置では、第 2 ライフタイム制御領域の先端が、ダイオード領域と IGBT 領域の境界から水平方向において、正孔の拡散長以上の範囲に位置するのが望ましい。正孔の拡散長は、約 $60\ \mu\text{m}$ と見積もることができる。したがって、第 2 ライフタイム制御領域の先端が、ダイオード領域と IGBT 領域の境界から水平方向において、 $60\ \mu\text{m}$ 以上の範囲に位置するのが望ましい。第 2 ライフタイム制御領域がダイオード領域と IGBT 領域の境界から水平方向に $60\ \mu\text{m}$ 以上伸びていると、逆回復電荷量 (Q_{rr}) の低減効果を良好に得ることができる。

[0013] 本願明細書で開示される半導体装置では、ボディ領域を貫通して設けられている複数のトレンチゲートが形成されていてもよい。この場合、第 2 ライ

フタイム制御領域の先端が、平面視したときに、最もダイオード領域側に設けられているトレンチゲートを越えた範囲に位置するのが望ましい。ここで、トレンチゲートを越えた範囲とは、トレンチゲートの下方の範囲も含む。この場合の第2ライフタイム制御領域は、IGBT領域の最もダイオード領域側に設けられているトレンチゲートよりもダイオード領域側に存在するボディ領域の下方の全域に形成されている。ダイオード領域に還流電流が流れているとき、トレンチゲートよりもダイオード領域側に存在するボディ領域で構成される寄生ダイオードが順バイアスされ易い。このため、上記位置関係に形成された第2ライフタイム制御領域は、IGBT領域の寄生ダイオードを介して注入されるキャリアを良好に消失させることができる。

[0014] 本願明細書で開示される半導体装置では、第2ライフタイム制御領域の先端が、ダイオード領域とIGBT領域の境界から水平方向において $500\mu\text{m}$ 以下の範囲に位置するのが望ましい。本発明者らの検討の結果、 $500\mu\text{m}$ を超えて第2ライフタイム制御領域が形成されていても、逆回復電荷量 (Q_{rr}) の低減効果が飽和することが判明した。したがって、オン電圧の増大を考慮すると、第2ライフタイム制御領域の先端が上記範囲に位置するのが望ましい。これにより、オン電圧と逆回復電荷量 (Q_{rr}) の双方が改善された半導体装置が具現化される。

[0015] 本願明細書で開示される半導体装置では、ライフタイム制御領域が、荷電粒子の照射によって形成されており、半導体層の所定深さの面内の一部に形成されているのが望ましい。

実施例

[0016] (第1実施例)

図1に示されるように、半導体装置10は、ダイオード領域20とIGBT領域40が混在した半導体層12を備えている。半導体装置10では、ダイオード領域20がフリーホイールダイオードとして利用されており、IGBT領域40がオフのときに、負荷電流を還流させる。一例では、IGBT領域40は、平面視したときに、ダイオード領域20の周囲を一巡するよう

に形成されていてもよい。あるいは、ダイオード領域 20 と IGBT 領域 40 は、平面視したときに、一方向に並んで隣接して配置されていてもよい。

[0017] 半導体装置 10 は、半導体層 12 の裏面に形成されている共通電極 60 と、半導体層 12 の表面に形成されているアノード電極 28 及びエミッタ電極 48 を備えている。共通電極 60 は、ダイオード領域 20 と IGBT 領域 40 の双方に亘って形成されており、ダイオードにおけるカソード電極であり、IGBT におけるコレクタ電極である。アノード電極 28 は、ダイオード領域 20 に対応して形成されている。エミッタ電極 48 は、IGBT 領域 40 に対応して形成されている。なお、必要に応じて、アノード電極 28 とエミッタ電極 48 を一枚の共通電極としてもよい。

[0018] 半導体装置 10 はさらに、半導体層 12 のダイオード領域 20 に対応した部位に、n 型のカソード領域 22 と、n 型の中間領域 24 と、p 型のアノード領域 26 を備えている。

[0019] カソード領域 22 は、例えば、イオン注入技術を利用して、半導体層 12 の裏層部に形成されている。カソード領域 22 の不純物濃度は濃く、共通電極 60 にオーミック接触している。

[0020] 中間領域 24 は、カソード領域 22 とアノード領域 26 の間に設けられている。中間領域 24 は、低濃度中間領域 24a とバッファ領域 24b を備えている。低濃度中間領域 24a とバッファ領域 24b は、不純物濃度が異なり、低濃度中間領域 24a の不純物濃度がバッファ領域 24b よりも薄い。低濃度中間領域 24a は、半導体層 12 に他の領域を形成した残部であり、不純物濃度は厚み方向に一定である、バッファ領域 24b は、例えば、イオン注入技術を利用して形成されている。

[0021] アノード領域 26 は、例えば、イオン注入技術を利用して、半導体層 12 の表層部に形成されている。アノード領域 26 は、複数の高濃度アノード領域 26a と、その複数の高濃度アノード領域 26a を取囲む低濃度アノード領域 26b を備えている。複数の高濃度アノード領域 26a は、半導体層 12 の表層部に分散して配置されている。複数の高濃度アノード領域 26a の

不純物濃度は濃く、アノード電極 28 にオーミック接触している。低濃度アノード層 26b の不純物濃度は、高濃度アノード領域 26a より薄い。アノード領域 26 の下端の位置は、後述するトレンチゲート 52 の下端の位置よりも浅い。なお、この例に代えて、低濃度アノード領域 26b は、隣合う高濃度アノード領域 26a 間にのみ設けられていてもよい。アノード領域 26 の形態は、ダイオード領域 20 に所望する特性に応じて、様々な形態を採用することができる。

[0022] 半導体装置 10 はさらに、半導体層 12 の IGBT 領域 40 に対応した部位に、p 型のコレクタ領域 42 と、n 型のドリフト領域 44 と、p 型のボディ領域 46 と、n 型のエミッタ領域 47 を備えている。

[0023] コレクタ領域 42 は、例えば、イオン注入技術を利用して、半導体層 12 の裏層部に形成されている。コレクタ領域 42 の不純物濃度は濃く、共通電極 60 にオーミック接触している。IGBT 領域 40 のコレクタ領域 42 とダイオード領域 20 のカソード領域 22 は、半導体層 12 の略共通した深さに位置しており、半導体層 12 の水平方向に隣接している。この例では、コレクタ領域 42 とカソード領域 22 の接合面が、ダイオード領域 20 と IGBT 領域 40 の境界である。

[0024] ドリフト領域 44 は、コレクタ領域 42 とボディ領域 46 の間に設けられている。ドリフト領域 44 は、低濃度ドリフト領域 44a とバッファ領域 44b を備えている。低濃度ドリフト領域 44a とバッファ領域 44b は、不純物濃度が異なっており、低濃度ドリフト領域 44a の不純物濃度がバッファ領域 44b よりも薄い。低濃度ドリフト領域 44a は、半導体層 12 に他の領域を形成した残部であり、不純物濃度は厚み方向に一定である、バッファ領域 44b は、例えば、イオン注入技術を利用して形成されている。

[0025] ボディ領域 46 は、例えば、イオン注入技術を利用して、半導体層 12 の表層部に形成されている。ボディ領域 46 は、複数のボディコンタクト領域 46a と、そのボディコンタクト領域 46a を取囲む低濃度ボディ領域 46b を備えている。ボディコンタクト領域 46a は、半導体層 12 の表層部に

分散して配置されている。複数のボディコンタクト領域 46 a の不純物濃度は濃く、エミッタ電極 48 にオーミック接触している。低濃度ボディ領域 46 b の不純物濃度は、複数のボディコンタクト領域 46 a よりも薄い。

[0026] 複数のエミッタ領域 47 は、例えば、イオン注入技術を利用して、半導体層 12 の表層部に形成されている。複数のエミッタ領域 47 は、半導体層 12 の表層部に分散して配置されている。複数のエミッタ領域 47 の不純物濃度は濃く、エミッタ電極 48 にオーミック接触している。

[0027] 半導体装置 10 はさらに、I G B T 領域 40 に対応した部位に形成されている複数のトレンチゲート 52 を備えている。複数のトレンチゲート 52 は、半導体層 12 の表層部に分散して配置されている。トレンチゲート 52 は、トレンチゲート電極 54 と、そのトレンチゲート電極 54 を被覆するゲート絶縁膜 56 を備えている。トレンチゲート 52 は、半導体層 12 の表面から裏面に向けて伸びており、ボディ領域 46 を貫通して伸びている。トレンチゲート 52 は、エミッタ領域 47 と低濃度ボディ領域 46 b と低濃度ドリフト領域 44 a に接している。トレンチゲート電極 54 は、絶縁膜 58 によってエミッタ電極 48 から絶縁されている。

[0028] 半導体装置 10 はさらに、半導体層 12 の所定深さに形成されたライフタイム制御領域 39 を備えていることを特徴としている。ライフタイム制御領域 39 は、半導体層 12 の所定深さにおいて、その面内の一部に形成されている。ライフタイム制御領域 39 は、平面視したときに、ダイオード領域 20 の全範囲において、水平方向に沿って連続して形成されている第 1 ライフタイム制御領域 39 A を有する。ライフタイム制御領域 39 はさらに、平面視したときに、I G B T 領域 40 の一部において、水平方向に沿って連続して形成されている第 2 ライフタイム制御領域 39 B を有する。ダイオード領域 20 の第 1 ライフタイム制御領域 39 A と I G B T 領域 40 の第 2 ライフタイム制御領域 39 B は、ダイオード領域 20 と I G B T 領域 40 の境界において連続している。I G B T 領域 40 の第 2 ライフタイム制御領域 39 B は、ダイオード領域 20 と I G B T 領域 40 の境界から I G B T 領域 40 内

に向けて伸びている。より詳細には、第2ライフタイム制御領域39Bの先端39aは、平面視したときに、IGBT領域40のボディ領域46の形成範囲に位置している。また、第2ライフタイム制御領域39Bの先端39aは、平面視したときに、IGBT領域40の最もダイオード領域20側のボディコンタクト領域46aを超えた範囲に位置している。さらに、第2ライフタイム制御領域39Bの先端39aは、平面視したときに、IGBT領域40の最もダイオード領域20側のトレンチゲート52を超えた範囲に位置している。

[0029] ライフタイム制御領域39は、ダイオード領域20では低濃度中間領域24aに形成されており、IGBT領域40では低濃度ドリフト領域44aに形成されている。より具体的には、ダイオード領域20の第1ライフタイム制御領域39Aは、低濃度中間領域24aと低濃度アノード領域26bの接合面のうちの低濃度中間領域24a側に形成されている。IGBT領域40の第2ライフタイム制御領域39Bは、低濃度ドリフト領域44aと低濃度ボディ領域46bの接合面のうちの低濃度ドリフト領域44a側に形成されている。

[0030] ライフタイム制御領域39は、既知の様々な手法を用いて形成することができる。本実施例では、半導体層12にヘリウム(He)を照射し、所定深さにライフタイム制御領域39を形成している。この例に代えて、半導体層12に他の荷電粒子を照射することによってライフタイム制御領域39を形成してもよい。あるいは、半導体層12に電子線を照射することによってライフタイム制御領域39を形成してもよい。また、半導体層12に金又は白金等の重金属を拡散させてライフタイム制御領域39を形成してもよい。

[0031] ライフタイム制御領域39は、ヘリウムを照射するときのダメージによって、周囲よりも多量の結晶欠陥を含んでいる。ライフタイム制御領域39の結晶欠陥密度は、半導体層12の所定深さにピークを有するとともに、周囲の低濃度中間領域24a及び低濃度ドリフト領域44aの結晶欠陥密度よりも高い。このため、ライフタイム制御領域39は、電子と正孔が再結合する

場を提供することができる。

[0032] 次に、半導体装置 10 の逆回復特性に係る特徴を説明する。半導体装置 10 は、車載用の 3 相インバータ回路を構成する 6 つのトランジスタの 1 つとして用いられており、図示しない交流モータに接続されている。PWM (Pulse Width Modulation) 方式で ON/OFF 制御される半導体装置 10 では、IGBT 領域 40 がオフのとき、ダイオード領域 20 を介して交流モータに向けて還流電流が流れる。このとき、ダイオード領域 20 は順バイアス状態であり、アノード電極 28 が高電位であり、共通電極 60 が低電位である。このため、アノード領域 26 からは低濃度中間領域 24a に向けて多量の正孔が注入される。

[0033] 次に、ダイオード領域 20 が逆バイアス状態に移行すると、還流電流が遮断される。このとき、ダイオード領域 20 のアノード電極 28 が低電位であり、共通電極 60 が高電位である。このため、ダイオード領域 20 が逆バイアス状態に移行すると、還流電流によって低濃度中間領域 24a に注入されていた正孔は、アノード領域 26 に向けて逆向きに流れ始める。この現象は、逆回復電流として観測される。この逆回復電流の大きさと継続時間の積が逆回復電荷量 (Q_{rr}) であり、この逆回復電荷量 (Q_{rr}) を小さく抑えることが電力損失を抑えるためにも重要である。

[0034] 逆回復電荷量 (Q_{rr}) を抑えるためには、還流電流が流れているときに注入される正孔量を抑えることが肝要である。半導体装置 10 では、ダイオード領域 20 の全域に亘って第 1 ライフタイム制御領域 39A が形成されている。第 1 ライフタイム制御領域 39A は、結晶欠陥を有しているので、キャリアの再結合中心として機能する。このため、ダイオード領域 20 では、還流電流によって注入された過剰の正孔が、第 1 ライフタイム制御領域 39A における再結合によって消滅する。

[0035] 上記したように、還流電流が流れているとき、アノード電極 28 が高電位であり、共通電極 60 が低電位である。半導体装置 10 では、アノード電極 28 とエミッタ電極 48 が短絡して用いられるので、アノード電極 28 が高

電位のときは、エミッタ電極 48 も高電位である。図 1 に示されるように、I G B T 領域 40 には、ボディ領域 46 とドリフト領域 44 の間に寄生ダイオードが存在している。この寄生ダイオードの大部分は、裏層部に p 型のコレクタ領域 42 が設けられているので動作しない。しかしながら、ダイオード領域 20 と I G B T 領域 40 の境界近傍に存在する寄生ダイオードは、ダイオード領域 20 の順方向電圧が増大すると、動作することが分かってきた。特に、ライフタイム制御領域 39 の結晶欠陥密度を増加させると、還流電流が流れているときのダイオード領域 20 の順方向電圧が増大する。このため、ダイオード領域 20 と I G B T 領域 40 の境界近傍に存在する寄生ダイオードが順バイアスされることが分かってきた。

[0036] 半導体装置 10 では、この境界近傍に存在する寄生ダイオードに対しても対策が施されていることを特徴としている。図 1 に示されるように、半導体装置 10 では、第 2 ライフタイム制御領域 39 B が I G B T 領域 40 の一部に形成されている。このため、I G B T 領域 40 の寄生ダイオードを介して注入された正孔は、第 2 ライフタイム制御領域 39 B における再結合によって消滅する。このため、半導体装置 10 では、I G B T 領域 40 の寄生ダイオードを介して注入された正孔によって逆回復電荷量 (Q_{rr}) が増大することが抑制されている。

[0037] 図 2 に、ダイオード領域 20 に印加される順方向電圧 (V_f) と逆回復電荷量 (Q_{rr}) の関係を示す。順方向電圧 (V_f) が大きいほど、ライフタイム制御領域 39 に含まれる結晶欠陥が多く、ライフタイム制御領域 39 を形成するときのヘリウム照射量が多い場合を示す。図中の従来構造とは、ダイオード領域 20 にのみライフタイム制御領域 39 が形成されており、I G B T 領域 40 にはライフタイム制御領域 39 が形成されていない例である。図中の 100, 200, 300, 500 及び 800 μm はそれぞれ、第 2 ライフタイム領域 39 B がダイオード領域 20 と I G B T 領域 40 の境界から I G B T 領域 40 内に向けて伸びる長さを示す。

[0038] 通常、順方向電圧 (V_f) が大きいほど、ライフタイム制御領域 39 の結

晶欠陥量が多くなるので、逆回復電荷量 (Q_{rr}) が減少する。しかしながら、図 2 に示されるように、従来構造では、順方向電圧 (V_f) が約 1.5 V を超えて増大すると、逆回復電荷量 (Q_{rr}) が増大している。この現象は、順方向電圧 (V_f) が増大することによって、IGBT 領域 40 の寄生ダイオードが順バイアスされ、その寄生ダイオードを介して正孔が注入されたからだと推察される。

[0039] 一方、IGBT 領域 40 の一部に第 2 ライフタイム制御領域 39B を形成した本実施例ではいずれも、従来構造よりも逆回復電荷量 (Q_{rr}) が減少していることが分かる。特に、順方向電圧 (V_f) が約 1.5 V を超える範囲に関しては、従来構造では逆回復電荷量 (Q_{rr}) が増大するのに対し、本実施例ではいずれも、逆回復電荷量 (Q_{rr}) が減少している。このことは、IGBT 領域 40 の一部に第 2 ライフタイム制御領域 39B を形成することによって、IGBT 領域 40 の寄生ダイオードを介して注入される正孔を良好に消失させ、それにより逆回復電荷量 (Q_{rr}) の増大を防止できたことを示している。

[0040] 図 3 に、ライフタイム領域 39 がダイオード領域 20 と IGBT 領域 40 の境界から IGBT 領域 40 に向けて伸びる長さ L と逆回復電荷量 (Q_{rr}) の関係を示す。ライフタイム制御領域 39 を形成するときのヘリウムの照射量に関わらず、いずれの例でも境界からの長さ L が 500 μm を超えると逆回復電荷量 (Q_{rr}) の減少効果が飽和することが確認された。

[0041] 上記したように、半導体装置 10 では、IGBT 領域 40 の一部に第 2 ライフタイム制御領域 39B を形成することによって、IGBT 領域 40 の寄生ダイオードを介して注入される正孔の少なくとも一部を、IGBT 領域 40 に形成された第 2 ライフタイム制御領域 39B によって消失させることができる。これにより、逆回復電荷量 (Q_{rr}) の増大を抑制することができる。また、第 2 ライフタイム制御領域 39B は、IGBT 領域 40 の一部に形成されており、IGBT 領域 40 の全域に亘って形成されていない。このため、第 2 ライフタイム制御領域 39B を形成したことによるオン電圧の増

大も抑えられる。半導体装置 100 では、オン電圧と逆回復電荷量 (Q_{rr}) の双方が改善されている。

[0042] (第 2 実施例)

図 4 に示されるように、半導体装置 100 は、ダイオード領域 20 と IGBT 領域 40 の境界近傍に、p 型の分離領域 72 が形成されていることを特徴としている。分離領域 72 は、半導体層 12 の表層部に形成されている。分離領域 72 は、アノード領域 26 の下端及びボディ領域 46 の下端よりも深く形成されている。より詳細には、分離領域 72 は、半導体層 12 の上面からトレンチゲートの下端よりも深く形成されている。また、分離領域 72 は、アノード領域 26 とボディ領域 46 の双方に接している。分離領域 72 の不純物濃度は、低濃度アノード領域 26b 及び低濃度ボディ領域 46b よりも濃い。分離領域 72 は、IGBT 領域 40 がオフしているときに、低濃度中間領域 24a 及び低濃度ドリフト領域 44a に向けて空乏層を伸ばし、ダイオード領域 20 と IGBT 領域 40 の境界近傍の電界集中を抑制する。特に、分離領域 72 がトレンチゲートよりも深く形成されているので、分離領域 72 近傍のトレンチゲートにおける電界集中が抑制される。

[0043] 半導体装置 100 では、ライフタイム制御領域 39 が分離領域 72 の下端にも形成されていることを特徴としている。分離領域 72 もまた寄生ダイオードを構成している。このため、分離領域 72 を有する半導体装置では、分離領域 72 の寄生ダイオードが順バイアスされると、逆回復電荷量 (Q_{rr}) が増大する要因となる。半導体装置 100 では、ライフタイム制御領域 39 が分離領域 72 の下端にも形成されているので、分離領域 72 の寄生ダイオードを介して注入される正孔を良好に消失させることができる。さらに、第 1 実施例と同様に、第 2 ライフタイム制御領域 39B が IGBT 40 のボディ領域 46 の下方に形成されているので、ボディ領域 46 の寄生ダイオードを介して注入される正孔も良好に消失させることができる。

[0044] 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様々に変形、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、単独で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、出願時の請求項に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の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。

請求の範囲

[請求項1]

半導体装置であって、

ダイオード領域と I G B T 領域が形成されている半導体層を備えており、

前記ダイオード領域は、前記半導体層の表層部に形成されている p 型のアノード領域と、前記半導体層の裏層部に形成されている n 型のカソード領域を有しており、

前記 I G B T 領域は、前記半導体層の表層部に形成されている p 型のボディ領域と、前記半導体層の裏層部に形成されている p 型のコレクタ領域を有しており、

前記半導体層には、前記半導体層の水平方向に連続して伸びているライフタイム制御領域が形成されており、

前記ライフタイム制御領域は、平面視したときに、前記ダイオード領域に位置する第 1 ライフタイム制御領域と、前記 I G B T 領域の一部に位置する第 2 ライフタイム制御領域を有しており、

前記第 2 ライフタイム制御領域は、前記ダイオード領域と前記 I G B T 領域の境界から前記 I G B T 領域内に向けて伸びており、

前記第 2 ライフタイム制御領域の先端が、平面視したときに、前記 I G B T 領域の前記ボディ領域の形成範囲に位置する半導体装置。

[請求項2]

前記第 2 ライフタイム制御領域の先端が、前記境界から前記水平方向において $60\mu\text{m}$ 以上の範囲に位置する請求項 1 に記載の半導体装置。

[請求項3]

前記ボディ領域を貫通して設けられている複数のトレンチゲートが形成されており、

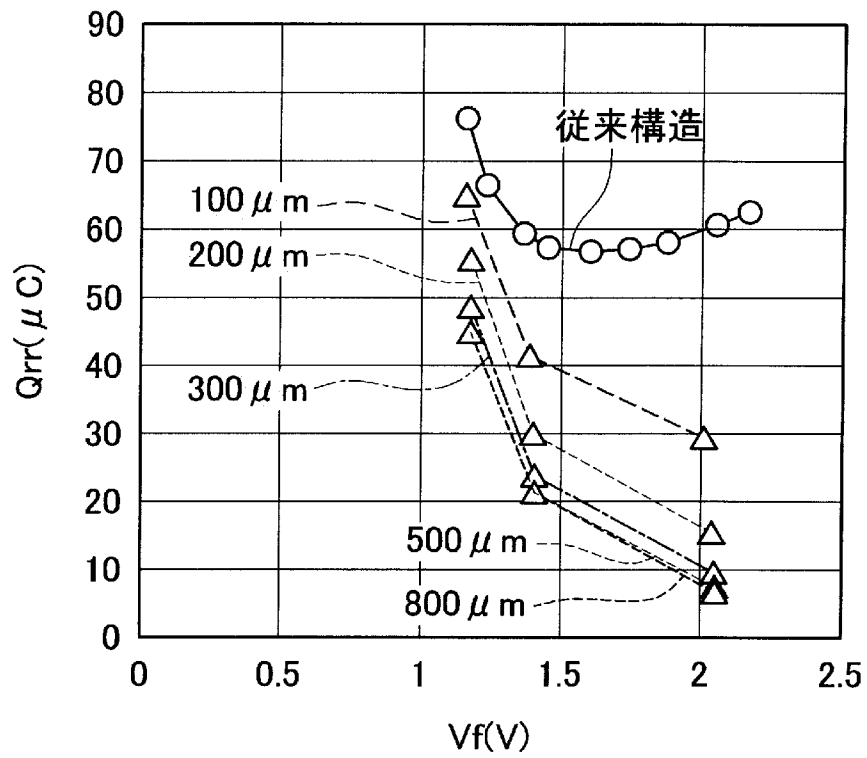
前記第 2 ライフタイム制御領域の先端が、平面視したときに、最も前記ダイオード領域側に設けられている前記トレンチゲートを越えた範囲に位置する請求項 1 又は 2 に記載の半導体装置。

[請求項4]

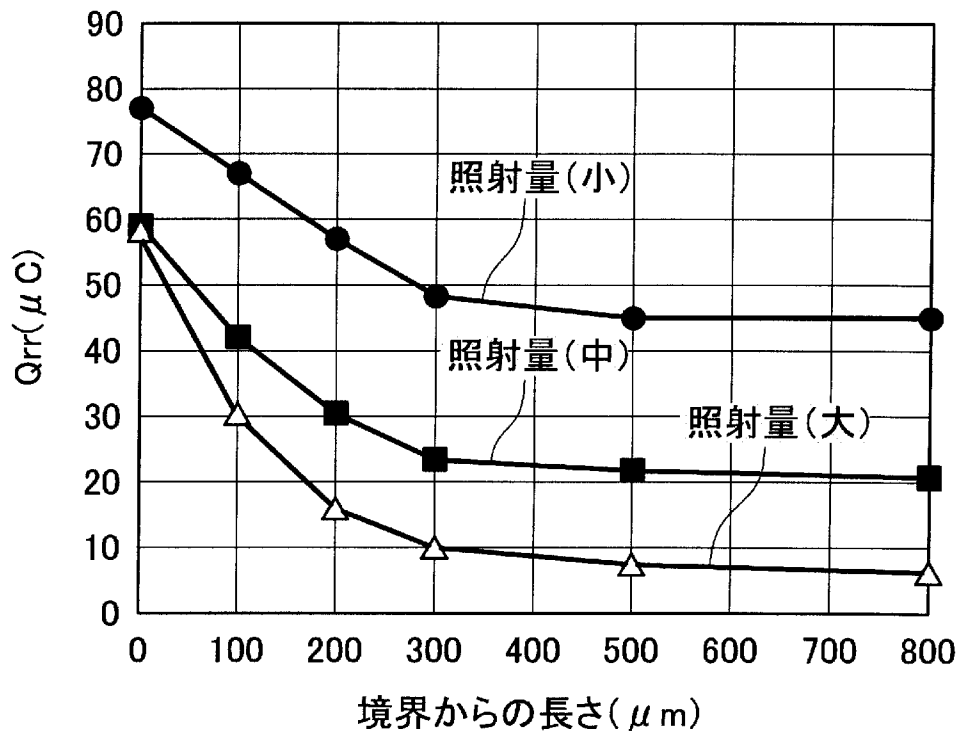
前記第 2 ライフタイム制御領域の先端が、前記境界から前記水平方

向において $500\text{ }\mu\text{m}$ 以下の範囲に位置する請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の半導体装置。

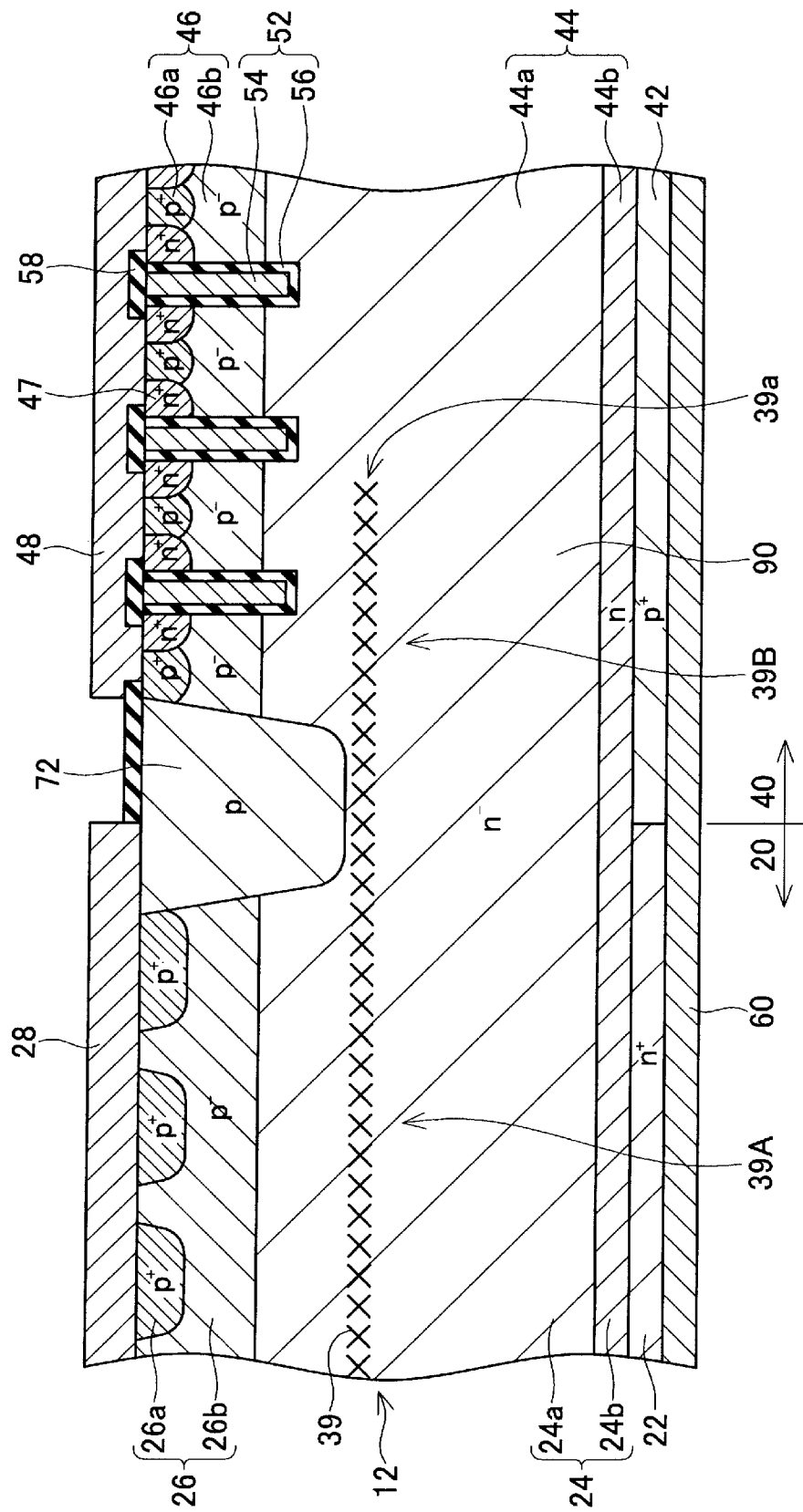
[図2]



[図3]



100



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/060945

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L27/04(2006.01)i, H01L21/336(2006.01)i, H01L21/76(2006.01)i,
H01L21/8234(2006.01)i, H01L27/06(2006.01)i, H01L27/088(2006.01)i,
H01L29/739(2006.01)i, H01L29/78(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L27/04, H01L21/336, H01L21/76, H01L21/8234, H01L27/06, H01L27/088,
H01L29/739, H01L29/78

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-200906 A (Mitsubishi Electric Corp.), 18 July 2000 (18.07.2000), paragraphs [0121] to [0135], [0184]; fig. 13, 26 & US 6323509 B1 & US 6605830 B1	1-4
A	JP 10-074959 A (Toshiba Corp.), 17 March 1998 (17.03.1998), paragraphs [0115] to [0124]; fig. 22, 23 (Family: none)	1-4

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
08 September, 2010 (08.09.10)

Date of mailing of the international search report
21 September, 2010 (21.09.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L27/04(2006.01)i, H01L21/336(2006.01)i, H01L21/76(2006.01)i, H01L21/8234(2006.01)i,
H01L27/06(2006.01)i, H01L27/088(2006.01)i, H01L29/739(2006.01)i, H01L29/78(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L27/04, H01L21/336, H01L21/76, H01L21/8234, H01L27/06, H01L27/088, H01L29/739, H01L29/78

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2000-200906 A（三菱電機株式会社） 2000.07.18, 段落[0121]-[0135], [0184], 図 13, 26 & US 6323509 B1 & US 6605830 B1	1-4
A	JP 10-074959 A（株式会社東芝） 1998.03.17, 段落[0115]-[0124], 図 22, 23 (ファミリーなし)	1-4

☐ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 8 . 0 9 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

2 1 . 0 9 . 2 0 1 0

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

原 和秀

4 M

4 0 3 9

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 6 2