

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5003598号
(P5003598)

(45) 発行日 平成24年8月15日(2012.8.15)

(24) 登録日 平成24年6月1日(2012.6.1)

(51) Int.Cl.	F I	
HO 1 L 29/868 (2006.01)	HO 1 L 29/91	J
HO 1 L 29/861 (2006.01)	HO 1 L 21/322	L
HO 1 L 21/322 (2006.01)	HO 1 L 29/91	C
HO 1 L 29/744 (2006.01)	HO 1 L 29/74	C
HO 1 L 29/74 (2006.01)	HO 1 L 29/74	D

請求項の数 2 (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2008-147980 (P2008-147980)
 (22) 出願日 平成20年6月5日(2008.6.5)
 (62) 分割の表示 特願平11-315427の分割
 原出願日 平成11年11月5日(1999.11.5)
 (65) 公開番号 特開2008-263217 (P2008-263217A)
 (43) 公開日 平成20年10月30日(2008.10.30)
 審査請求日 平成20年6月9日(2008.6.9)

(73) 特許権者 000005234
 富士電機株式会社
 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
 (74) 代理人 100150441
 弁理士 松本 洋一
 (72) 発明者 吉川 功
 東京都品川区大崎一丁目11番2号 富士電機デバイステクノロジー株式会社内
 (72) 発明者 根本 道生
 東京都品川区大崎一丁目11番2号 富士電機デバイステクノロジー株式会社内
 (72) 発明者 藤井 岳志
 東京都品川区大崎一丁目11番2号 富士電機デバイステクノロジー株式会社内

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】

半導体基板を構成する第1導電型の半導体層と、
 前記第1導電型の半導体層内の表面領域に選択的に形成された第2導電型の半導体層と、
 前記第2導電型の半導体層に電氣的に接触する電極と、
 前記半導体基板よりライフタイムが短い調整領域とを有する半導体装置であって、
 前記ライフタイムの短い調整領域は、
 前記半導体基板上の第2導電型の半導体層を露出する開口部を有する酸化膜と、前記電極が、前記開口部を通じて前記第2導電型の半導体層に接触する部分と、前記電極が前記酸化膜上の前記第2導電型の半導体層に接触しない部分とを有し、前記電極が前記第2導電型の半導体層に接触する領域内の電極部の下方の一部分に、基板表面から基板深さ方向に延在し、前記電極の終端部に最も近い側であって、前記第2導電型の半導体層に接触する前記電極の接触端部を前記半導体基板内へ投影させた場合の前記電極部の終端部側の端部を跨いだ領域で、かつ、基板深さ方向に位置する前記第1導電型の半導体層と前記第2導電型の半導体層との境界部を含む領域に形成され、
 前記ライフタイムの短い調整領域で、前記電極部の終端部に最も近い側であって前記第2導電型の半導体層に接触する当該電極部の当該接触端部を前記半導体基板内へ投影させた位置から、該終端部とは反対方向における前記ライフタイムの短い調整領域の境界部までの距離を L_a とし、ライフタイムの最も短い領域のキャリアの拡散長を L_s として、

10

20

$$L_a > L_s$$

として表される関係を満たすことを特徴とする半導体装置。

【請求項 2】

半導体基板を構成する第 1 導電型の半導体層と、

前記第 1 導電型の半導体層内の表面領域に選択的に形成された第 2 導電型の半導体層と

、
前記第 2 導電型の半導体層に電氣的に接触する電極と、
前記半導体基板よりライフタイムが短い調整領域とを有する半導体装置であって、

前記ライフタイムの短い調整領域は、

前記半導体基板上の第 2 導電型の半導体層を露出する開口部を有する酸化膜と、前記電極が、前記開口部を通じて前記第 2 導電型の半導体層に接触する部分と、前記電極が前記酸化膜上の前記第 2 導電型の半導体層に接触しない部分とを有し、前記電極が前記第 2 導電型の半導体層に接触する領域内の電極部の下方の一部分に、基板表面から基板深さ方向に延在し、前記電極の終端部に最も近い側であって、前記第 2 導電型の半導体層に接触する前記電極の接触端部を前記半導体基板内へ投影させた場合の前記電極部の終端部側の端部を跨いだ領域で、かつ、基板深さ方向に位置する前記第 1 導電型の半導体層と前記第 2 導電型の半導体層との境界部を含む領域に形成され、

前記ライフタイムの短い領域で、前記電極部の終端部に最も近い側であって前記第 2 導電型の半導体層に接触する当該電極部の当該接触端部を前記半導体基板内へ投影させた位置から、該終端部方向における前記ライフタイムの短い調整領域の境界部までの距離を L_b とし、前記ライフタイムの最も長い領域のキャリアの拡散長を L_h とすると、

$L_b > L_h$ として表される関係を満たすことを特徴とする半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、逆回復破壊を防止することが可能な半導体装置に関し、特に、電極部付近での電流集中の緩和を図ることが可能な半導体装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、パワー半導体デバイスの低損失化、高速スイッチング化、および、周辺回路の低インダクタンス化、スナバレス化等により、パワースwitchングデバイスと組み合わせて使用されるダイオード（フリーホイーリングダイオード：FWD）の逆回復過程の特性改善（逆回復耐量、逆回復損失、ソフトスイッチング化等）が求められている。

特に、逆回復耐量に関する逆回復電流時間変化量 $[dI/dt]$ は、年々大きくなる傾向にあり、 dI/dt 耐量の向上が必要不可欠となっている。

図 17 は、基本的な P-i-n ダイオードの素子断面構造を示す。

n 型半導体基板 1 の一方の主表面には p 型アノード層 2 が形成され、他方の主表面には n 型カソード層 3 が形成されている。

ダイオード素子に順方向バイアス [P 型アノード層に正電圧、n 型カソード層に負電圧] された場合、p 型アノード層 2 と n 型半導体基板 1 とで形成される pn 接合にかかる順方向電圧（シリコン半導体の場合）が約 0.6 V 以上の電圧になると、p 型アノード層 2 から半導体基板 1 に正孔が注入され、n 型カソード層 3 から半導体基板 1 に電氣的な中性条件を満たすように電子が注入される（以降、半導体基板 1 に過剰に蓄積された電子・正孔を指して、蓄積キャリアと称す）。その結果、半導体基板 1 は、伝導度変調を起こし、その抵抗は極めて小さくなり、導通状態となる。

【特許文献 1】特開平 8 - 264754 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

10

20

30

40

50

一般的に、アノード電極は、一方の主表面のうち耐圧構造部を除く部分にしか形成されないにもかかわらず、カソード電極は表面全面に形成されるため、耐圧構造下の部分にも蓄積キャリアが存在する。

順方向バイアス状態から逆方向バイアス状態に遷移する過程において、逆回復過程を通る。これは、順方向バイアス時に、 n 型半導体基板 1 に注入されていた過剰キャリアの蓄積効果のために、逆バイアスにしても蓄積されていた過剰キャリアが消滅するまで、短時間の間、逆方向に電流が流れつづける（短絡状態）現象である。

逆回復破壊は、一般的にダイオードの活性領域と耐圧構造領域の境界部分で発生し、破壊の原因は上記境界部分で発生する電界集中と電流集中による熱的破壊である。

電界集中は、アノード領域の終端部分に形成される円筒形状あるいは、球面形状の $p-n$ 接合が原因となっており、電流集中は、耐圧構造下部に存在する過剰キャリアが、逆回復時にアノード電極に向かって流れることが原因である。

従来においては、アノード領域の終端部分のみ $p-n$ 接合を深くすることで電界集中を緩和する手法が採られたり、アノード電極がアノード領域に接触する部分をアノード領域の終端部分から離すことによって、電界集中が発生する領域と電流集中が発生する領域とを分離する手法が採られている。

【0004】

しかし、両手法とも電流集中の発生自体を緩和していないため、逆回復耐量の向上には限界がある。

そこで、本発明の目的は、簡便な方法で電極部付近の電流集中を防ぎ、逆回復耐量を向上させることが可能な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】

【0005】

前記の課題を解決するため、この発明は、半導体基板を構成する第 1 導電型の半導体層と、前記第 1 導電型の半導体層内の表面領域に選択的に形成された第 2 導電型の半導体層と、前記第 2 導電型の半導体層に電気的に接触する電極と、前記半導体基板よりライフタイムが短い調整領域とを有する半導体装置であって、

前記ライフタイムの短い調整領域は、前記半導体基板上の第 2 導電型の半導体層を露出する開口部を有する酸化膜と、前記電極が、前記開口部を通じて前記第 2 導電型の半導体層に接触する部分と、前記電極が前記酸化膜上の前記第 2 導電型の半導体層に接触しない部分とを有し、前記電極が前記第 2 導電型の半導体層に接触する領域内の電極部の下方の一部に、基板表面から基板深さ方向に延在し、前記電極の終端部に最も近い側であって、前記第 2 導電型の半導体層に接触する前記電極の接触端部を前記半導体基板内へ投影させた場合の前記電極部の終端部側の端部を跨いだ領域で、かつ、基板深さ方向に位置する前記第 1 導電型の半導体層と前記第 2 導電型の半導体層との境界部を含む領域に形成され、前記ライフタイムの短い調整領域で、前記電極部の終端部に最も近い側であって前記第 2 導電型の半導体層に接触する当該電極部の当該接触端部を前記半導体基板内へ投影させた位置から、該終端部とは反対方向における前記ライフタイムの短い調整領域の境界部までの距離を L_a とし、ライフタイムの最も短い領域のキャリアの拡散長を L_s とし、

$$L_a > L_s$$

として表される関係を満たすことを特徴とするものである。

【0006】

ここで、上記の構成において、前記ライフタイムの短い領域の前記高濃度の第 2 導電領域が形成されている基板表面からの深さを D_a とし、前記ライフタイムの短い領域のキャリアの拡散長を L_s とすると、

$$D_a > L_s + X_j$$

（ただし、 X_j は、高濃度の第 2 導電領域と低濃度の第 1 導電領域とで形成される $p-n$ 接合の深さ）として表される関係を満たすようにしてもよい。

また、上記の構成において、前記ライフタイムの短い領域で、前記電極部の終端部に近

10

20

30

40

50

い側であって前記第2導電型の半導体層に接触する当該電極部の当該接触端部を前記半導体基板内へ投影させた位置から、該終端部方向における前記ライフタイムの短い調整領域の境界部までの（ L_a とは反対方向の）距離を L_b とし、前記ライフタイムの最も長い領域のキャリアの拡散長を L_h とすると、

$L_b > L_h$ として表される関係を満たすようにしてもよい。

前記ライフタイムの短い領域は、粒子線を用いて形成してもよい。

前記粒子線は、前記基板表面側から照射してもよい

前記粒子線は、 He^{2+} イオン又はプロトンとしてもよい

前記ライフタイムの短い領域は、 $1 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ 以上の He^{2+} イオン照射量で形成してもよい

前記ライフタイムの短い領域は、平均ライフタイムが、ライフタイムの長い領域の平均ライフタイムの $1/3$ 以下である。

【発明の効果】

【0007】

以上説明したように、本発明によれば、半導体基板内に、ライフタイムが少なくとも2種以上になるように制御された調整領域を設けるに際して、ライフタイムの短い調整領域は、電極部を半導体基板内へ投影させた場合の電極端部を跨いだ領域で、かつ、基板深さ方向に位置する高濃度の第2導電領域と低濃度の第1導電領域との境界部を含む領域に形成したので、半導体基板内の電極端部付近での電流集中を抑制し、逆回復（或いはターンオフ）耐量を向上させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

まず、この発明の参考例を説明する。

[参考例1]

本発明の第1の参考例を、図1～図6に基づいて説明する。

（半導体基板構造）

まず、本発明の参考例に係る半導体装置としてのダイオードの構成を、図1に基づいて説明する。

半導体基板を構成するn型半導体基板1は、低濃度の半導体層として形成されている。このn型半導体基板1の一方の面側には、高濃度の導電領域としてのp型アノード層2が選択的に形成されている。また、n型半導体基板1の他面には、高濃度の導電領域としてのn型カソード層3が形成されている。

p型アノード層2の面上には、金属電極としてのアノード電極4が形成されている。この場合、アノード電極4は、p型アノード層2の端部から $10 \mu\text{m}$ 内側に入った位置から形成されている。一方、n型カソード層3の面上の全面に渡って、カソード電極5が形成されている。

n型半導体基板1内は、ライフタイムが少なくとも2種以上になるように制御されたライフタイム調整領域が設けられている。このライフタイム調整領域のうち、ライフタイムの短い領域10は、アノード電極4をn型半導体基板1内へ投影させた場合のアノード電極端部を跨いだ領域であり、かつ、基板深さ方向に位置するp型アノード層2とn型半導体基板1の低濃度の半導体層との境界部6を含む領域に形成されている。

【0009】

n型半導体基板1内において、ライフタイムの短い領域10以外の半導体層の領域は、ライフタイムの長い領域11とされている。

ここで、ライフタイムの短い領域10の大きさについて調べる。ライフタイムの短い領域10でアノード電極4と重なる部分の幅を L_a とし、ライフタイムの短い領域でアノード電極4と重ならない部分の幅を L_b とし、ライフタイムの短い領域10のp型アノード層2の形成されている表面からの深さを D_a と表す。このとき、本例では、 $L_a = 50 \mu\text{m}$ 、 $L_b = 2400 \mu\text{m}$ 、 $D_a = 30 \mu\text{m}$ として構成した。なお、このような数値は1例であり、何ら限定されるものではない。

10

20

30

40

50

また、本例では、 n 型半導体基板 1 の抵抗率を約 300 cm 、厚さを約 $550 \mu\text{m}$ 、 p 型アノード層 2 の表面不純物濃度を約 $3.0 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ で、拡散深さを約 $5.0 \mu\text{m}$ 、また、 n 型カソード層 3 の表面不純物濃度を約 $1.0 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ で、拡散深さを約 $80.0 \mu\text{m}$ とした。

(製造方法)

次に、半導体装置の製造方法について説明する。

ダイオードの半導体基板の製造に当たり、ライフタイムが少なくとも 2 種以上になるように制御され、そのライフタイムの短い領域 10 がアノード電極 4 の端部下方で、前述したように電極端部を跨いで、かつ、境界部 6 を含むように形成された構造にすればよい。

【0010】

このようなライフタイムの短い領域 10 は、 He イオン照射やプロトンイオン照射のような粒子線を利用した結晶欠陥導入法を用いることによって、簡単に作製することが可能である。

すなわち、 He イオンやプロトンの阻止能力のある材料 (例えば、アルミニウム金属、厚いレジスト膜) を用いて、ライフタイムを短くしたい部分に窓が開けられた構造のマスクを作成する。そして、このマスクを n 型半導体基板 1 の一方の p 型アノード層 2 の表面側に設置して、このマスク上部に対して垂直な方向から He イオンやプロトンイオンを照射する。

He イオンやプロトンは、加速電圧に応じた飛程を有しているため、マスクの厚さが十分であれば、マスクがなされていない窓部分の直下の n 型半導体基板 1 のみに照射されることになり、これにより結晶欠陥を導入することが可能である。従って、この結晶欠陥の部分がライフタイムの短い領域 10 に相当することになる。

また、 n 型半導体基板 1 が厚い場合は、照射深さを変えて数度に分けて照射を行うことによって、結晶欠陥を導入してもよいし、照射深さを半導体基板厚さよりも深い部分にして、 He イオン或いはプロトンを通過させることによって結晶欠陥を導入してもよい。

【0011】

また、ライフタイムの長い部分のライフタイム調整を行う場合には、このようなイオン照射の前後に、電子線照射や重金属拡散を行うことによって、半導体基板全体のライフタイム調整を行えばよい。

具体的な製造方法としては、ライフタイムの短い領域 10 は、 $50 \mu\text{m}$ 厚さのレジストをマスクにして He^{2+} イオンを照射 (および熱処理) することによって形成し、ライフタイムの長い領域 11 は、電子線照射 (および熱処理) によって形成した。このとき、 He^{2+} イオンの照射量を 0 (なし) から $1.0 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ の範囲で変化させることによって、ライフタイムを変化させている。

(実験例)

次に、実験例を、図 2 および図 3 に基づいて説明する。

耐圧 4500 V クラスの $p-i-n$ ダイオードについての実験結果を、図 2 および図 3 に基づいて説明する。

図 2 は、図 1 の構造を持つ耐圧 4500 V クラスの $p-i-n$ ダイオードの He^{2+} イオン照射量と、逆回復時の電流時間変化耐量 [dI/dt 耐量] との関係を示す。

ライフタイムの長い領域 11 のライフタイムは約 $5 \mu\text{s}$ であり、キャリアの拡散長は約 $100 \mu\text{m}$ である。また、他の逆回復試験条件としては、順電流は約 170 A/cm^2 、 DC 電圧 2600 V 、接合温度 125 の条件である。

【0012】

p 型アノード電極 4 の電極端部を跨ぎ、かつ、境界部 6 を含むようにライフタイムを短くすることによって、 dI/dt 耐量が増加し、特に He^{2+} イオン照射量が $1.0 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ 以上で効果が顕著に現われ、 $1.0 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ 以上でさらに効果が健著に現れていることがわかる。

この照射量の場合におけるライフタイムの短い領域 10 のライフタイムは約 $1.5 \mu\text{s}$ 、キャリアの拡散長は約 $60 \mu\text{m}$ である。

10

20

30

40

50

この実験結果から、ライフタイムの短い領域 10 のライフタイム ($1.5 \mu s$) が、ライフタイムの長い領域 11 のライフタイム ($5.0 \mu s$) の約 $1/3$ 以下になった場合、 dI/dt 耐量が顕著に増加していることがわかる。

図 3 は、同一のダイオード素子における He^{2+} イオン照射量と順電圧との関係を示す。 He^{2+} イオン照射量領域のうち、ダイオード動作する領域 [活性領域] にかかる面積は約 1 % 程度であり、 He^{2+} イオン照射は、順電圧にほとんど影響を及ぼさないことがわかる。

図 4 ~ 図 6 は、上記の例の構造を持つ耐圧 4500 V クラスの p - i - n ダイオードの He^{2+} イオン照射位置を変えた場合の例を示す。

【 0013 】

図 4 は、 L_b をパラメータとし、 L_a を $50 \mu m$ 、 D_a を $30 \mu m$ 、 He^{2+} イオン照射量を $1.0 \times 10^{12} cm^{-2}$ に固定した場合の構造において、 L_b と電流時間変化耐量 [dI/dt 耐量] との関係を示す。

このときのライフタイムの長い領域 11 のキャリアの拡散長は約 $100 \mu m$ であり、ライフタイムの短い領域 10 のキャリアの拡散長は約 $15 \mu m$ である。 dI/dt 耐量は、 L_b がライフタイムの長い領域のキャリアの拡散長程度の長さ付近で急激に上昇している。

図 5 は、 L_a をパラメータとし、 L_b を $200 \mu m$ 、 D_a を $30 \mu m$ 、 He^{2+} イオン照射量を $1.0 \times 10^{12} cm^{-2}$ に固定した場合の構造において、 L_a と電流時間変化耐量 [dI/dt 耐量] との関係を示す。

このときのライフタイムの長い領域 11 のキャリアの拡散長は約 $110 \mu m$ であり、ライフタイムの短い領域 10 のキャリアの拡散長は約 $15 \mu m$ である。 dI/dt 耐量は、 L_b がライフタイムの短い領域のキャリアの拡散長程度の長さ付近で急激に上昇している。

図 6 は、 D_a をパラメータとし、 L_a を $100 \mu m$ 、 L_b を $100 \mu m$ 、 He^{2+} イオン照射量を $1.0 \times 10^{12} cm^{-2}$ に固定した場合の構造において、 D_a と電流時間変化耐量 [dI/dt 耐量] との関係を示す。

【 0014 】

このときのライフタイムの長い領域 11 のキャリアの拡散長は約 $110 \mu m$ であり、ライフタイムの短い領域 10 のキャリアの拡散長は約 $15 \mu m$ である。 dI/dt 耐量は、 D_a がライフタイムの長い領域のキャリアの拡散長程度の長さ付近で急激に上昇している。

[参考例 2]

次に、本発明の第 2 の参考例を、図 7 ~ 図 13 に基づいて説明する。なお、前述した第 1 の参考例と同一部分については、同一符号を付し、その説明は省略する。

図 7 は、図 1 とは異なる領域にライフタイムの短い領域 10 を設けた場合の例である。

このダイオード構造においては、p 型アノード領域 2 の終端部と、アノード電極 4 の終端部とは、 $300 \mu m$ 程度離れている。

ライフタイムの短い領域 10 は、p 型アノード領域 2 (p - w e l l) の領域端部 P を含まない状態で、p 型アノード領域 2 の接触するアノード (ドレイン) 電極 4 の電極端部を跨ぎ、かつ、境界部 6 (すなわち、高濃度の p 型アノード領域 2 と低濃度の半導体層との接触部) を含むように形成されている。なお、低濃度の半導体層とは、ライフタイムの長い領域 11 に相当するものであり、以下、半導体層 11 とする。

【 0015 】

このようにライフタイムの短い領域 10 を電極端部の下方の領域内に形成することによって、逆バイアス時における電極端部付近での電流集中を抑制し、逆回復 (或いはターンオフ) 耐量を向上させることが可能である。

(実験例)

次に、実験例を、図 8 および図 9 に基づいて説明する。

図 8 は、図 7 の L_a 、 L_b 、 D_a に、具体的数値を代入した場合の例を示す。図 9 は、

10

20

30

40

50

図 8 に示す構造のダイオードに、 He^{2+} イオン照射量を適用した場合の p n 接合近傍の電流密度分布をシミュレートしたものである。

p 型アノード領域 2 の領域端部 X は、図 9 の $2000\ \mu m$ の位置に相当する。アノード電極 4 が p 型アノード領域 2 に接触している接触部分 Y (すなわち、境界部 6) は、図 9 の $1700\ \mu m$ の位置に相当する。本例では、ライフタイムの短い領域 10 は、p 型アノード領域 2 の領域端部 X を含まず、電極端部を跨いで、アノード電極 4 と p 型アノード領域 2 とが接触する接触部分 Y のみに形成されている。

この図 9 の電流密度分布からわかるように、アノード電極 4 が p 型アノード領域 2 に接触している接触部分 Y のライフタイムを短くすることによって、電極端部付近における電流集中を緩和できることがわかる。

10

【0016】

(比較例)

次に、従来例との比較例を、図 10 ~ 図 13 に基づいて説明する。

図 10 は、従来のダイオード構造を示す。図 11 は、図 10 の構造とした場合の電流密度分布を示す。なお、図 11 は、図 9 と同様に、領域端部 X が $2000\ \mu m$ の位置に相当し、接触部分 Y が $1700\ \mu m$ の位置に相当する。

従来のダイオード構造では、図 11 に示すように、電流密度は、p 型アノード領域 2 の領域端部 X ではなく、アノード電極 4 が p 型アノード領域 2 に接触する接触部分 Y に集中している。これにより、従来のダイオード構造では、電流集中が緩和する効果はほとんど見られないことがわかる。

20

図 12 は、ライフタイムの短い領域 10 を、アノード電極 4 の下方ではなく、p 型アノード領域 2 の領域端部 X に形成した場合の例である。図 13 は、図 12 の構造とした場合の電流密度分布を示す。

この図 12 のダイオード構造は、図 10 と同様に、電流密度が接触部分 Y に集中しており、電流集中緩和の効果はほとんど見られないことがわかる。

以下、その他の構造例について説明する。

【0017】

[参考例 3]

次に、本発明の第 3 の実施の形態を、図 14 に基づいて説明する。

本例は、半導体基板 1 の動作領域内部において、p 型アノード電極 2 間に非接触の領域 15 が存在するダイオードへ適用した場合の例である。

30

ライフタイムの短い領域 10 は、図 1 と同様に、アノード電極 4 の電極端部を跨いで、p 型アノード領域 2 と低濃度の半導体層 11 とが接触する境界部 6 に形成されている。

ライフタイムの短い領域 10 を、p 型アノード (p-well) 領域 2 に接触するアノード (ドレイン) 電極 4 の電極端部を跨ぎ、境界部 6 を含んで形成することによって、電極端部付近での電流集中を抑制し、逆回復 (或いはターンオフ) 耐量を向上することが可能である。

また、照射領域であるライフタイムの短い領域である半導体層 11 は、動作領域の一部であるため、順電圧 (オン電圧) の上昇はほとんど無視できる。

[第 1 の実施の形態]

40

次に、本発明の第 1 の実施の形態を、図 15 に基づいて説明する。

本例は、金属-酸化膜-半導体電界効果型トランジスタ (MOSFET) の寄生ダイオードに適用した場合の例である。

【0018】

20 は、p 型ウェル領域である。21 は、n 型ソース領域である。22 は、n 型ドレイン領域である。23 は、酸化膜である。24 は、ソース電極である。25 は、ドレイン電極である。

ライフタイムの短い領域 10 は、ソース電極 24 の電極端部を跨いで、p 型ウェル領域 20 と低濃度の半導体層 11 とが接触する境界部 6 に形成されている。

このようにライフタイムの短い領域 10 を、p 型ウェル領域 20 に接触するソース電極

50

24の電極端部を跨ぎ、境界部6を含んで形成することによって、電極端部付近での電流集中を抑制し、逆回復（或いはターンオフ）耐量を向上することが可能である。

また、照射領域であるライフタイムの短い領域である半導体層11は、動作領域の一部であるため、順電圧（オン電圧）の上昇はほとんど無視できる。

【第2の実施の形態】

次に、本発明の第2の実施の形態を、図16に基づいて説明する。

本例は、ゲートターンオフサイリスタ（GTO）に適用した場合の例である。

30は、p型ベース領域である。31は、n型カソード領域である。32は、p型アノード層である。33は、カソード電極である。34は、アノード電極である。35は、ゲート電極である。

10

【0019】

ライフタイムの短い領域10は、カソード電極33の電極端部を跨いで、p型ベース領域30と低濃度の半導体層11とが接触する境界部6に形成されている。

このようにライフタイムの短い領域10を、p型ベース領域30に接触するカソード電極33の電極端部を跨ぎ、境界部6を含んで形成することによって、電極端部付近での電流集中を抑制し、逆回復（或いはターンオフ）耐量を向上することが可能である。

また、照射領域であるライフタイムの短い領域である半導体層11は、動作領域の一部であるため、順電圧（オン電圧）の上昇はほとんど無視できる。

なお、上記各例では、半導体基板の対向する面に設けられた電極間でライフタイムの調整を行う手段について述べたが、半導体基板の片面のみに電極が設けられた構造の場合にも、同様な作用効果を得ることができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】参考例1の実施の形態であるp-i-nダイオードの構造を示す断面図である。

【図2】He²⁺イオン照射量とd_l/d_t耐量との相関を示す特性図である。

【図3】He²⁺イオン照射量と順電圧との相関を示す特性図である。

【図4】L_b長とd_l/d_t耐量との相関を示す特性図である。

【図5】L_a長とd_l/d_t耐量との相関を示す特性図である。

【図6】D_a長とd_l/d_t耐量との相関を示す特性図である。

【図7】参考例2のp-i-nダイオードの構造を示す断面図である。

30

【図8】図7の構造に具体的な数値を代入した構造を示す断面図である。

【図9】図8のダイオードの電流密度分布を示す特性図である。

【図10】図7の比較例を示す断面図である。

【図11】図10の電流密度分布を示す特性図である。

【図12】図7の比較例を示す断面図である。

【図13】図12の電流密度分布を示す特性図である。

【図14】参考例3のp型アノード電極間に非接触の領域が存在するダイオードの構造を示す断面図である。

【図15】本発明の第1の実施の形態であるMOSFETの寄生ダイオードの構造を示す断面図である。

40

【図16】本発明の第2の実施の形態であるゲートターンオフサイリスタの構造を示す断面図である。

【図17】従来における基本的なP-i-nダイオードの阻止構造を示す断面図である。

【符号の説明】

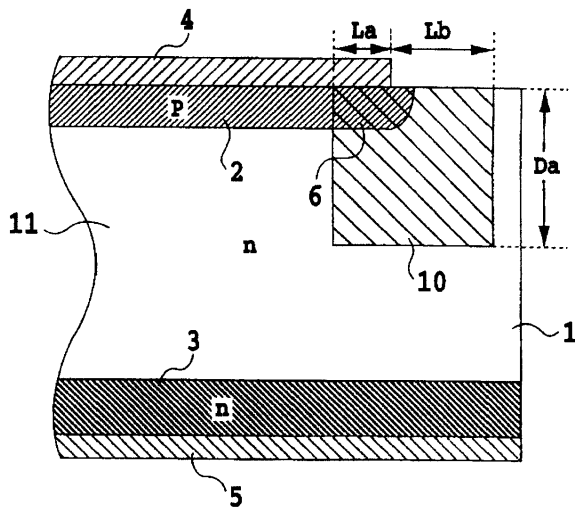
【0021】

- 1 n型半導体基板
- 2 p型アノード領域
- 3 n型カソード層
- 4 アノード電極
- 5 カソード電極

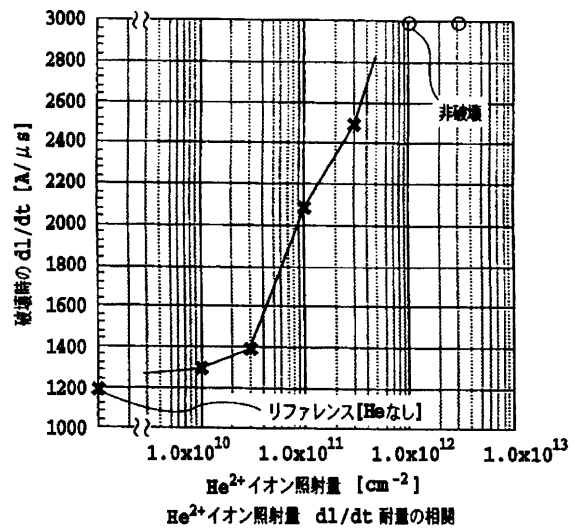
50

- 6 境界部
- 10 ライフタイムの短い領域
- 11 ライフタイムの長い領域 (半導体層)
- 20 P型ウェル領域
- 21 n型ソース領域
- 22 n型ドレイン領域
- 23 酸化膜
- 24 ソース電極
- 25 ドレイン電極
- 30 p型ベース領域
- 31 n型カソード領域
- 32 p型アノード層
- 33 カソード電極
- 34 アノード電極
- 35 ゲート電極

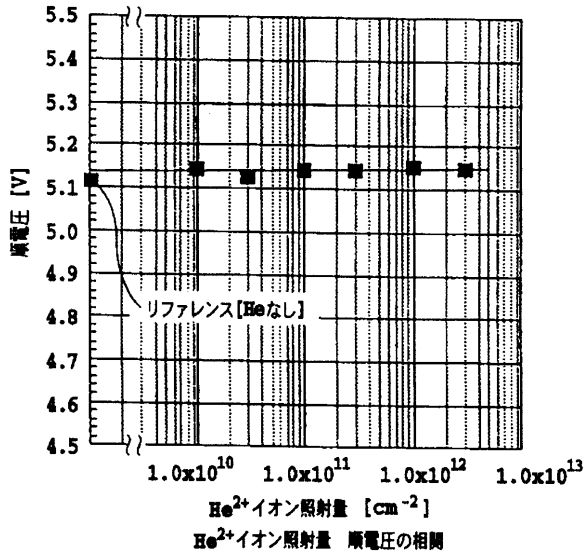
【図1】



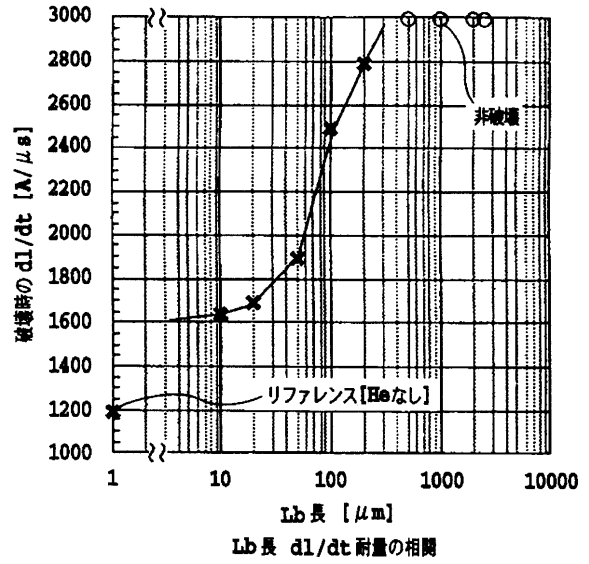
【図2】



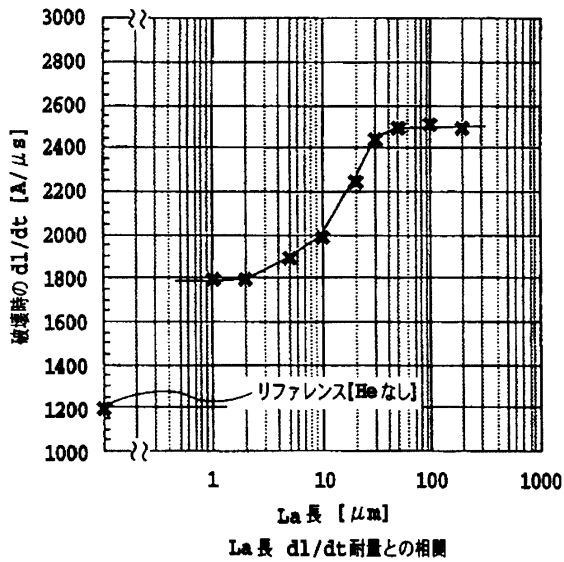
【 図 3 】



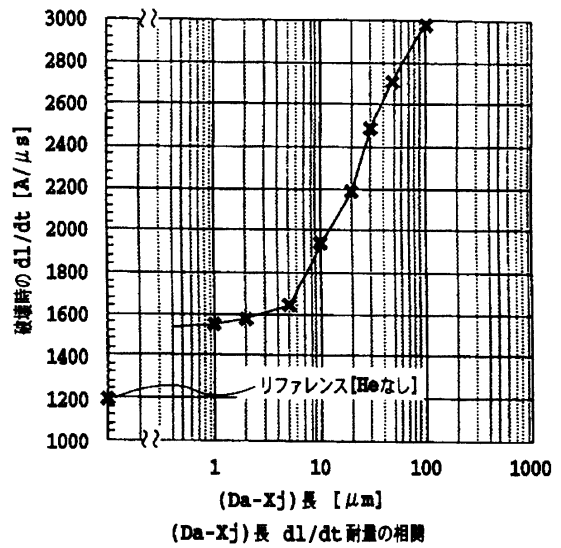
【 図 4 】



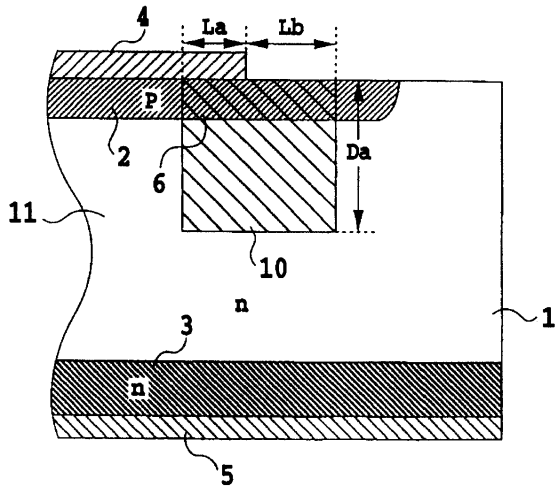
【 図 5 】



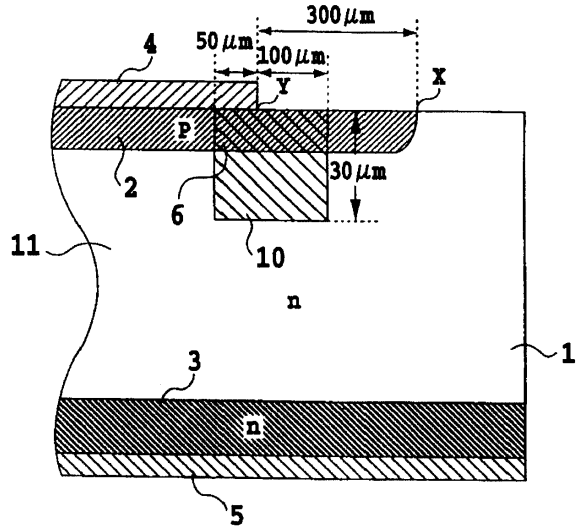
【 図 6 】



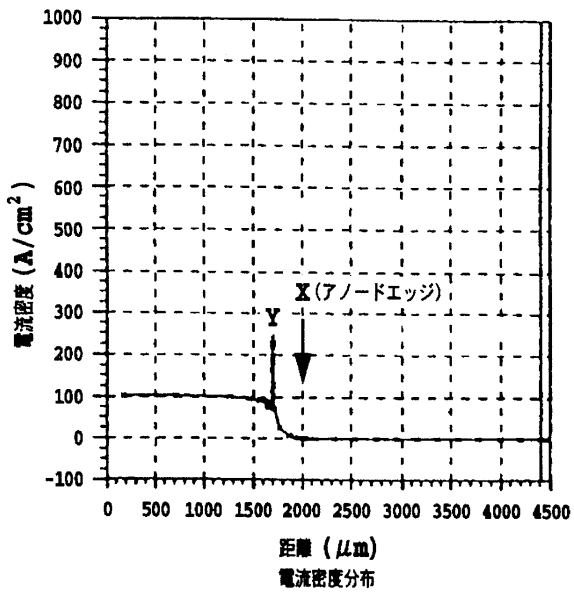
【図7】



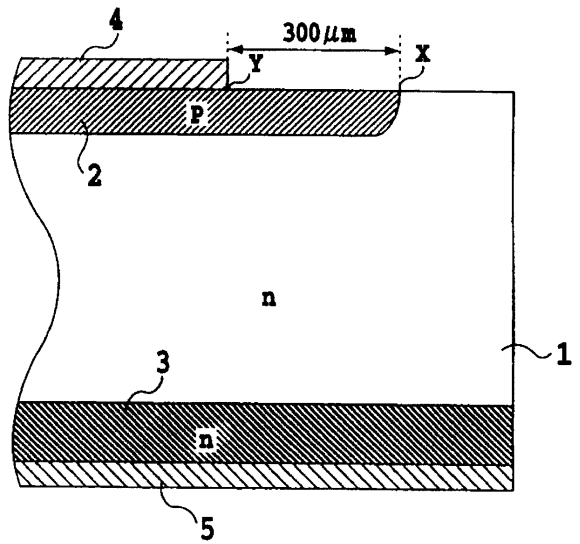
【図8】



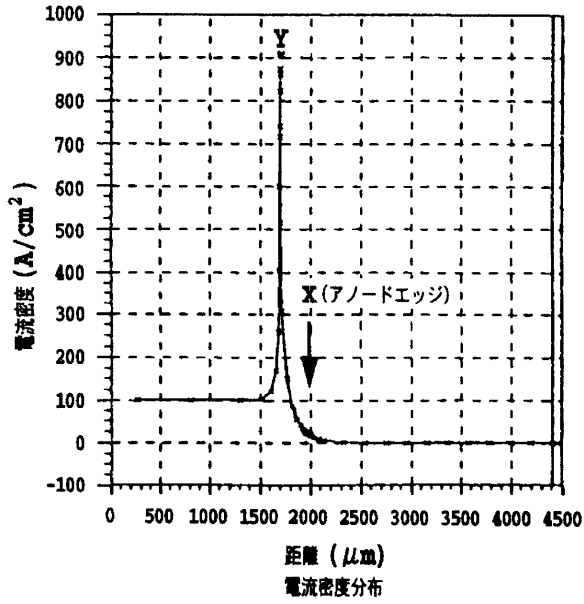
【図9】



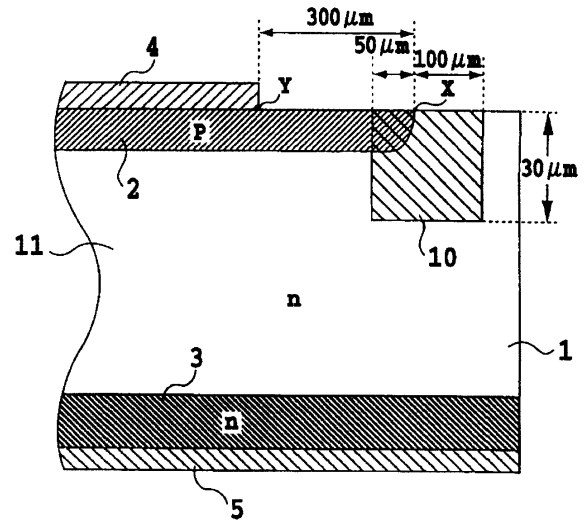
【図10】



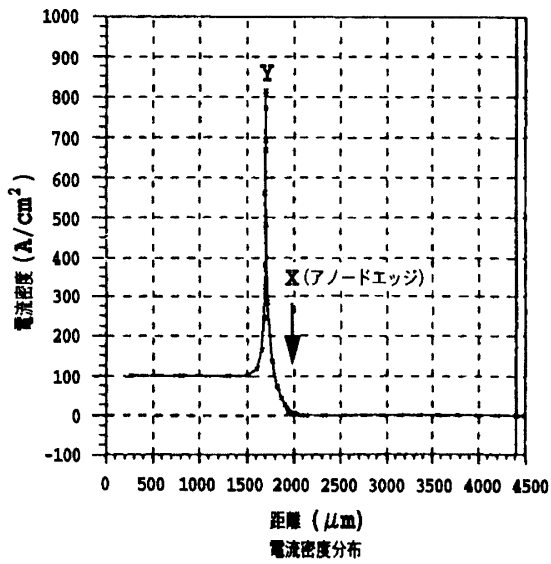
【図11】



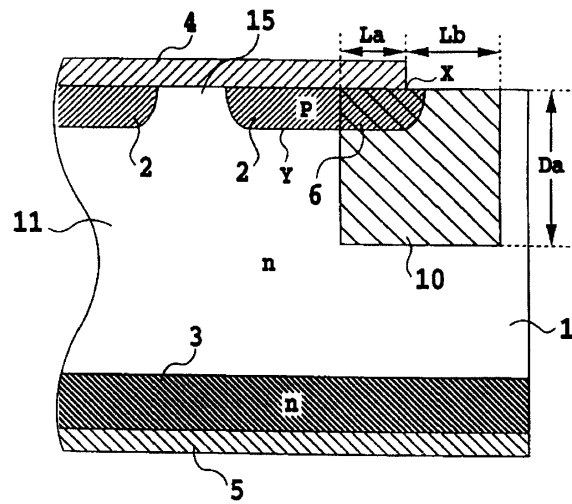
【図12】



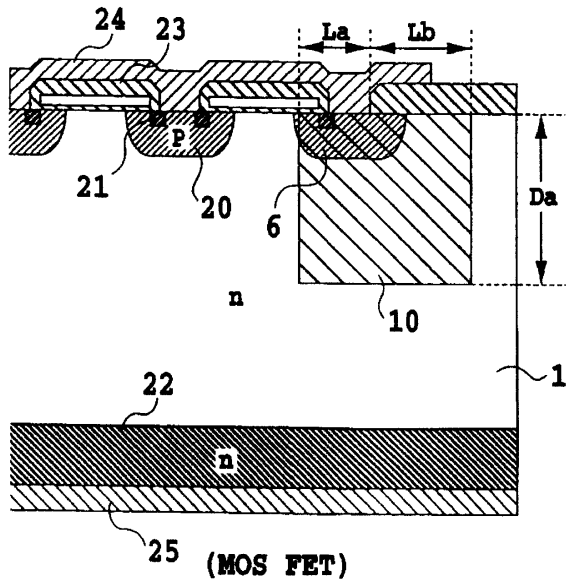
【図13】



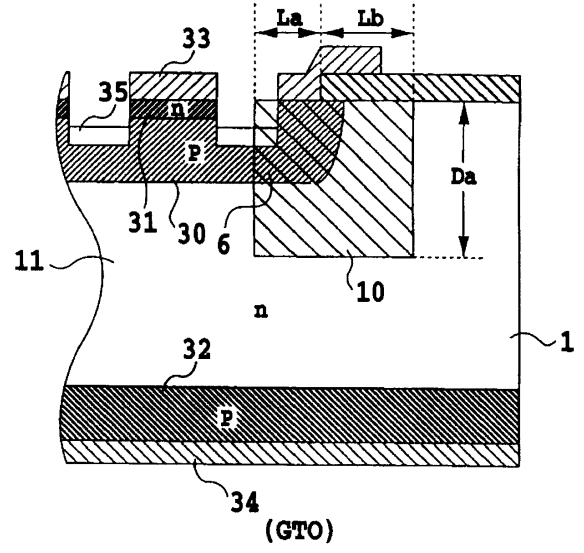
【図14】



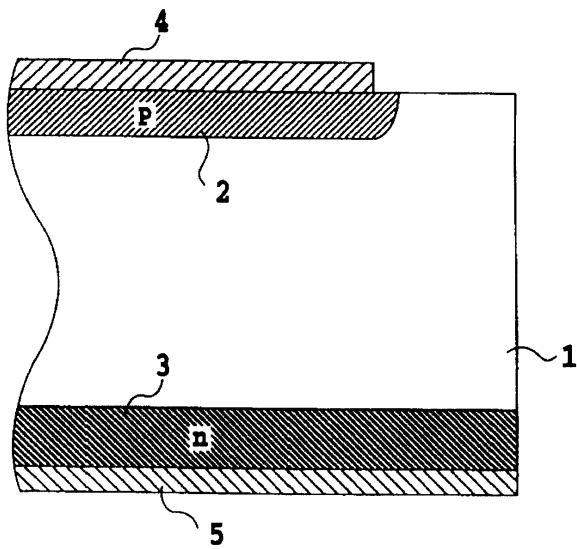
【図15】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		
<i>H 0 1 L 21/336 (2006.01)</i>		H 0 1 L 29/78	6 5 8 H	
<i>H 0 1 L 29/78 (2006.01)</i>		H 0 1 L 29/78	6 5 2 N	
		H 0 1 L 29/91	D	

審査官 村岡 一磨

(56)参考文献 特開平08-264754(JP,A)
特開平07-135214(JP,A)
特開平06-314801(JP,A)
特開昭52-018180(JP,A)

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