

(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2006-270074

(P2006-270074A)

(43) 公開日 平成18年10月5日(2006.10.5)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/331 (2006.01)	HO 1 L 29/72	5 F O O 3
HO 1 L 29/732 (2006.01)		

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2006-44370 (P2006-44370)	(71) 出願人	504258527
(22) 出願日	平成18年2月21日 (2006.2.21)		国立大学法人 鹿児島大学
(31) 優先権主張番号	特願2005-46087 (P2005-46087)		鹿児島県鹿児島市郡元一丁目21番24号
(32) 優先日	平成17年2月22日 (2005.2.22)	(74) 代理人	100090273
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 國分 孝悦
		(72) 発明者	立野 洋人
			鹿児島県鹿児島市郡元一丁目21番24号
			国立大学法人 鹿児島大学内
			Fターム(参考) 5F003 AP08 BH05 BN01 BP23 BZ01

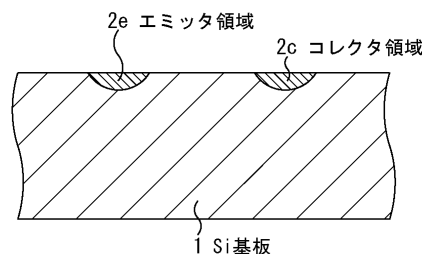
(54) 【発明の名称】 半導体装置及びその製造方法

## (57) 【要約】

【課題】高い耐熱性を得ることができる半導体装置及びその製造方法を提供する。

【解決手段】Bイオンがドーピングされたp型のSi基板1の表面の2箇所にn型のエミッタ領域2e及びコレクタ領域2cを形成する。エミッタ領域2e及びコレクタ領域2cの形成に当たっては、二次イオン質量分析器 ( I M A ) により加速電圧を20kV、イオン電流を10 $\mu$ Aとして、希ガス元素のイオンであるAr<sup>+</sup>及びHe<sup>+</sup>を2時間程度、Si基板1の2箇所にイオン照射する。この結果、Si基板1の格子原子が蹴り出され、空格子が生じ、Si基板1の表面から比較的深い位置までダングリングボンドが生成される。これらのダングリングボンドが生成された領域がn型のエミッタ領域2e及びコレクタ領域2cとなる。

【選択図】 図1A



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

p 型の第 1 の半導体領域と、  
前記第 1 の半導体領域と隣接し、ダングリングボンドを電子の供給源とする n 型の第 2 の半導体領域と、  
を有することを特徴とする半導体装置。

**【請求項 2】**

前記第 1 及び第 2 の半導体領域は、シリコンに p 型の不純物を導入して構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置。

**【請求項 3】**

前記第 2 の半導体領域との間で前記第 1 の半導体領域を挟み込む n 型の第 3 の半導体領域を有することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の半導体装置。

**【請求項 4】**

前記第 3 の半導体領域は、シリコンに p 型の不純物を導入して構成されていることを特徴とする請求項 3 に記載の半導体装置。

**【請求項 5】**

p 型の第 1 の半導体領域内にダングリングボンドを発生させて n 型の第 2 の半導体領域を形成する工程を有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

**【請求項 6】**

前記第 2 の半導体領域の形成と並行して、前記第 2 の半導体領域との間で前記第 1 の半導体領域を挟み込む n 型の第 3 の半導体領域を形成することを特徴とする請求項 5 に記載の半導体装置の製造方法。

**【請求項 7】**

前記ダングリングボンドを発生させる際に、前記第 1 の半導体領域に対して希ガス元素イオンを打ち込むことを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載の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、ダイオード等に好適な半導体装置及びその製造方法に関する。

**【背景技術】****【0002】**

トランジスタを構成する P 型半導体、N 型半導体は、主に夫々 I V 族元素に I I I 価イオン、V 価イオンをドーブすることにより生成されている。そして、このようなトランジスタが集積回路 ( I C ) 等に使用されている。

**【0003】**

しかしながら、I C ではインプラントイオンの数が少なく、また、シリコンウェハ上に機能素子がローカルノードとして点在するため、インプラントイオンが容易に拡散しやすい。このため、十分な耐熱性及び高集積性を得ることが困難である。

**【0004】**

**【非特許文献 1】** D. Long: Energy Bands in Semiconductors, Interscience, New York, 1968

**【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

本発明は、高い耐熱性を得ることができる半導体装置及びその製造方法を提供することを目的とする。

**【課題を解決するための手段】****【0006】**

本願発明者は、前記課題を解決すべく鋭意検討を重ねた結果、以下に示す発明の諸態様に想到した。

10

20

30

40

50

## 【0007】

本発明に係る半導体装置は、p型の第1の半導体領域と、前記第1の半導体領域と隣接し、ダングリングボンドを電子の供給源とするn型の第2の半導体領域と、を有することを特徴とする。

## 【0008】

本発明に係る半導体装置の製造方法は、p型の第1の半導体領域内にダングリングボンドを発生させてn型の第2の半導体領域を形成する工程を有することを特徴とする。

## 【発明の効果】

## 【0009】

本発明によれば、n型半導体領域が、ダングリングボンドを電子の供給源として構成されているため、n型不純物を電子の供給源とする従来の半導体装置と比較して、高い耐熱性を得ることができる。

10

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0010】

以下、本発明の実施形態について、添付の図面を参照しながら詳細に説明する。但し、ここでは、便宜上、半導体装置の断面構造については、その製造方法と共に説明する。図1A乃至図1Bは、本発明の実施形態に係る半導体装置の製造方法を工程順に示す模式図である。

## 【0011】

本実施形態では、図1Aに示すように、B（ホウ素）イオンがドーピングされたp型のSi基板1の表面の2箇所にn型のエミッタ領域2e及びコレクタ領域2cを形成する。例えば、Si基板1の厚さは $625 \pm 15 \mu\text{m}$ 程度であり、その比抵抗は $10 \sim 20 (\cdot \text{cm})$ であり、その表面は(1-1-1)面となっている。エミッタ領域2e及びコレクタ領域2cの形成に当たっては、二次イオン質量分析器（IMA（Ion Micro Analyzer））により加速電圧を20kV、イオン電流を $10 \mu\text{A}$ として、希ガス元素のイオンである $\text{Ar}^+$ 及び $\text{He}^+$ を2時間程度、Si基板1の2箇所にイオン照射する。この結果、Si基板1の格子原子が蹴り出され、空格子が生じ、Si基板1の表面から比較的深い位置までダングリングボンドが生成される。これらのダングリングボンドが生成された領域がn型のエミッタ領域2e及びコレクタ領域2cとなる。なお、エミッタ領域2e及びコレクタ領域2cの間隔は、例えば1.5mm程度とし、エミッタ領域2e及びコレクタ領域2cの直径は、例えば0.5mm程度とする。

20

30

## 【0012】

次に、図1Bに示すように、Si基板1上に厚さが $20 \mu\text{m} \sim 30 \mu\text{m}$ 程度のマイカ箔3を形成する。次いで、マイカ箔3のエミッタ領域2e及びコレクタ領域2cに整合する2箇所の領域並びにこれらの中心近傍の領域にコンタクトホールを形成する。その後、これらのコンタクトホール内に炭素電極塗料を用いて電極4を埋め込む。なお、各コンタクトホールの直径は、例えば0.3mmとする。続いて、電極4毎にCu配線5を形成する。

## 【0013】

このようにして形成された半導体装置においては、図1に示すように、エミッタ領域2eとコレクタ領域2cとの間にp型の領域が存在し、このp型の領域がベースとして作用する。つまり、バイポーラトランジスタが形成されている。そして、このバイポーラトランジスタは、ダングリングボンドを用いて構成されているため、従来のn型不純物及びp型不純物を用いて構成されたバイポーラトランジスタと比較して、熱的安定性に優れている。即ち、従来のバイポーラトランジスタでは、高温になるとドーピングされているイオンの拡散に伴って動作が不安定となるが、本実施形態に係るバイポーラトランジスタでは、そのような拡散が生じない。また、イオンの拡散が生じないため、集積性を向上させることも可能である。

40

## 【0014】

なお、上述のような効果はバイポーラトランジスタだけでなくダイオードにおいても同

50

様に得られる。

【0015】

次に、本願発明者が実際に行った実験の結果について説明する。

【0016】

先ず、上述の実施形態と同様にして、n型の領域を1箇所のみ形成することにより、ダイオードを作製し、基板のドナー濃度及び拡散電位を求めた。ここでは、先ず、逆バイアス電圧 $V_R$  (V)と空乏層容量 $C$  (F/cm<sup>2</sup>)との関係を求めた。一般に、逆バイアス電圧 $V_R$ と空乏層容量 $C$ との関係は、下記数1で表される。ここで、 $q$ は電子1個当たりの電荷(C)、 $\epsilon_s$ は半導体の誘電率(F/cm)、 $N_B$ はドナー濃度(cm<sup>-3</sup>)、 $V_{bi}$ は拡散電位(V)である。

10

【0017】

【数1】

$$\frac{1}{C^2} = \frac{2(V_{bi} - V_R)}{q\epsilon_s N_B}$$

【0018】

数1から明らかのように、 $1/C^2$ は $V_R$ の1次関数で表され、その傾きからドナー濃度 $N_B$ が求められ、 $1/C^2$ が0となるときの切片( $V_R$ の値)から拡散電位 $V_{bi}$ を求めることができる。実際に測定して得られた結果を図2に示す。図2より、ドナー濃度 $N_B$ は $3.9 \times 10^{13}$  (cm<sup>-3</sup>)であり、拡散電位 $V_{bi}$ は0.35 (V)であった。このドナー濃度 $N_B$ の値は、一般に多用されているn型不純物領域とp型不純物領域とからなるダイオードのドナー濃度の $10^{-3} \sim 10^{-4}$ 程度と低い。

20

【0019】

本願発明者は、ダイオードの耐熱性を評価するために、20 ~ 300 の間でダイオード特性の測定を行った。20、100、200、300 で測定した結果を、夫々図3、図4、図5、図6に示す。図3~図5から、温度が上昇するに連れてダイオード特性が消失していく過程を読み取ることができる。このような傾向は、熱励起によるキャリアの影響による。また、図6では、ほとんどダイオード特性が残っていない。更に、本願発明者が300まで加熱した後に20まで温度を下げたダイオードについてその特性を測定したところ、図7に示すような結果が得られた。つまり、300まで昇温すると、一旦ダイオード特性が消失するが、その後以降温することにより、再度ダイオード特性が発現するようになる。

30

【0020】

次に、上述の実施形態と同様にして作製したダイオードの温度特性を測定した結果を図8に示す。温度により、3つの段階(Stage I、Stage II、Stage III)が出現した。Stage I (約100以上)では、活性化エネルギーが1.1 eVであった。この値は、Siのギャップエネルギー(1.17 eV)とほぼ一致しており、Stage Iは真性領域となっていることを示唆している。このような比較的低い温度から真性領域の出現は、ホウ素(B)によるアクセプタをダングリングボンドの電子が局所的に補償しているため、結晶の純度が上がったように見える。なお、高温下では、電気伝導度に大きな影響を与える主なキャリアは、熱励起でギャップエネルギーを超えるようになった電子となり、ダイオード特性が消失し始める。

40

【0021】

なお、ダングリングボンドにより生じたキャリアと同数のキャリアが生成される温度がダイオード特性の熱限界となる。そして、上述のドナー濃度 $N_B$ が $3.9 \times 10^{13}$  (cm<sup>-3</sup>)のダイオードでは、図4に示すように、100でも十分なダイオード特性が得られている。このとき、図8より、導電率の自然対数は-10程度である。従って、このダイオードのドナー濃度を $10^4$ 倍程度とすると、導電率の自然対数は-6程度となり、このときの温度は、図8より300程度となる。なお、上述のダイオードのドナー濃度

50

を  $10^4$  倍程度とした場合には、一般に多用されている n 型不純物領域と p 型不純物領域とからなるダイオードのドナー濃度と同程度となる。また、SiC のギャップエネルギーは Si のその約 2.6 倍であるため、半導体基板を SiC から構成した場合には、耐熱温度が 900 程度のトランジスタが得られると考えられる。

【0022】

また、本願発明者は、上述の実施形態のようにして作製したバイポーラトランジスタについて、ベース電流  $I_B$  を変化させながら、コレクタ - エミッタ間電圧  $V_{CE}$  とコレクタ電流  $I_C$  との関係性を求めた。この結果を図 9 に示す。また、図 10 には、コレクタ - エミッタ間電圧が 5 V のときのベース電流  $I_B$  とコレクタ電流  $I_C$  との関係性を示す。図 10 より、電流増幅率  $h_{fe} (= I_C / I_E)$  は 1.1 であった。

10

【0023】

更に、本願発明者は、p 型炭化珪素基板にヘリウムイオンを加速電圧 20 kV で打ち込むことにより、この打ち込み場所にダングリングボンドを発生させ、この場所の導電型を n 型とした。このようにして作成した pn ダイオードの耐熱特性を図 11 に示す。図 11 に示すように、400 以下においてダイオード特性が発現した。

【0024】

なお、ダングリングボンドの発生に当たっては、Ar 及び He 等の希ガス元素のイオンの他、D (重水素) イオン又は H イオンを p 型の半導体領域に打ち込んでよい。但し、打ち込んだイオンとダングリングボンドとの結合を防止するためには、希ガス元素のイオンを打ち込むことが好ましい。

20

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図 1 A】本発明の実施形態に係る半導体装置の製造方法を工程準に示す断面図である。

【図 1 B】図 1 A に引き続き、半導体装置の製造方法を工程準に示す断面図である。

【図 2】逆バイアス電圧  $V_R$  (V) と空乏層容量  $C$  (F/cm<sup>2</sup>) との関係性を示すグラフである。

【図 3】200 でのダイオード特性を示すグラフである。

【図 4】1000 でのダイオード特性を示すグラフである。

【図 5】2000 でのダイオード特性を示すグラフである。

【図 6】3000 でのダイオード特性を示すグラフである。

30

【図 7】3000 から 200 に温度変化させた後のダイオード特性を示すグラフである。

【図 8】ダイオードの温度特性を示すグラフである。

【図 9】コレクタ - エミッタ間電圧  $V_{CE}$  とコレクタ電流  $I_C$  との関係性を示すグラフである。

【図 10】ベース電流  $I_B$  とコレクタ電流  $I_C$  との関係性を示すグラフである。

【図 11】ダイオードの耐熱特性を示すグラフである。

【符号の説明】

【0026】

1 : Si 基板

2 e : エミッタ領域

2 c : コレクタ領域

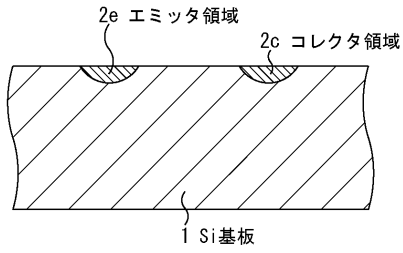
3 : マイカ箔

4 : 電極

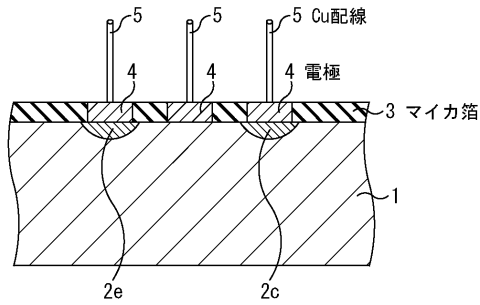
5 : Cu 配線

40

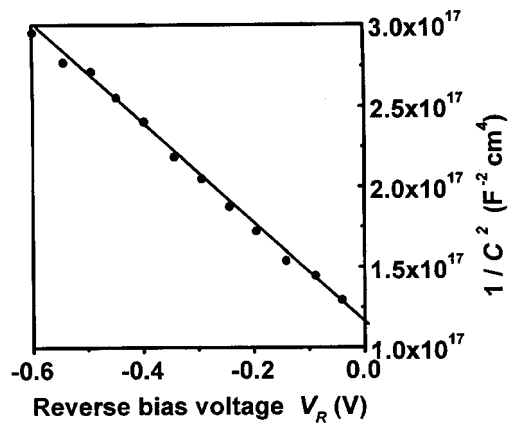
【 図 1 A 】



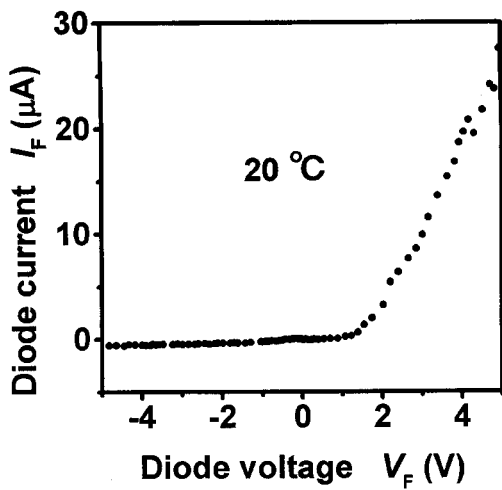
【 図 1 B 】



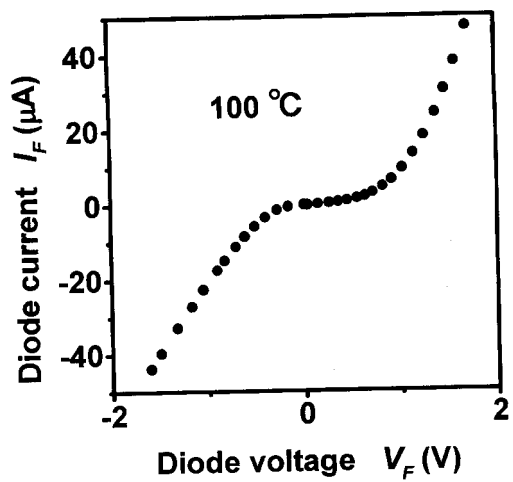
【 図 2 】



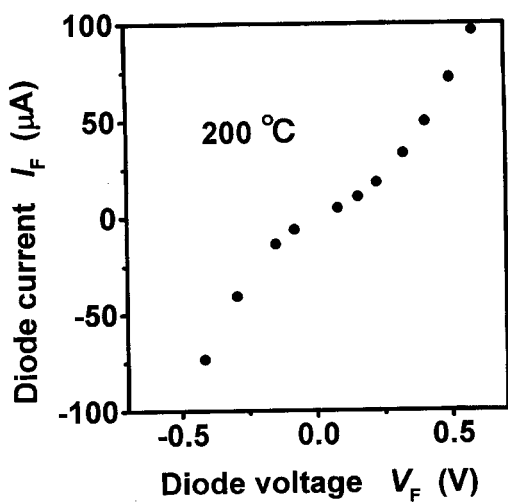
【 図 3 】



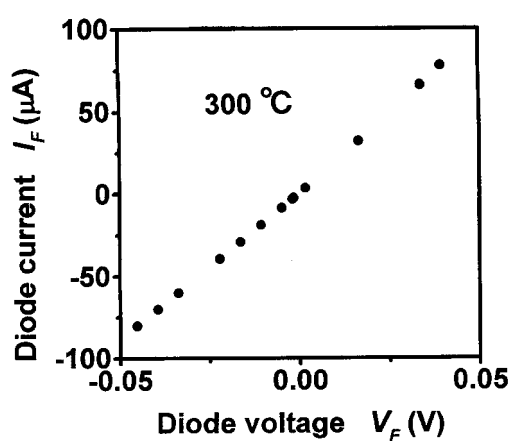
【 図 4 】



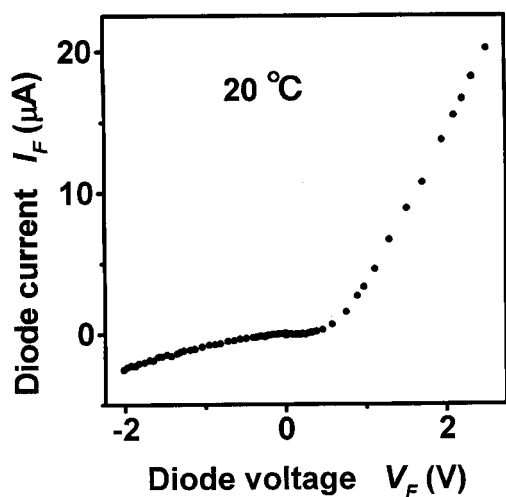
【 図 5 】



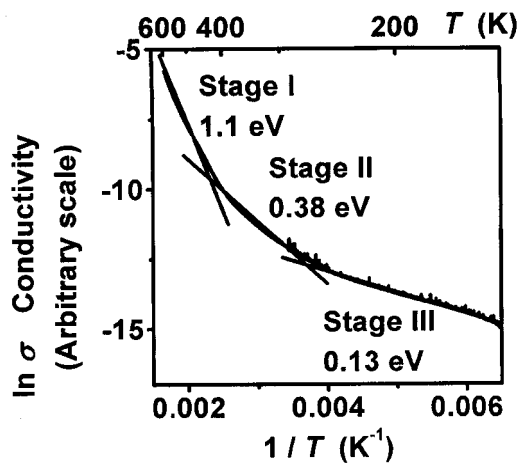
【 図 6 】



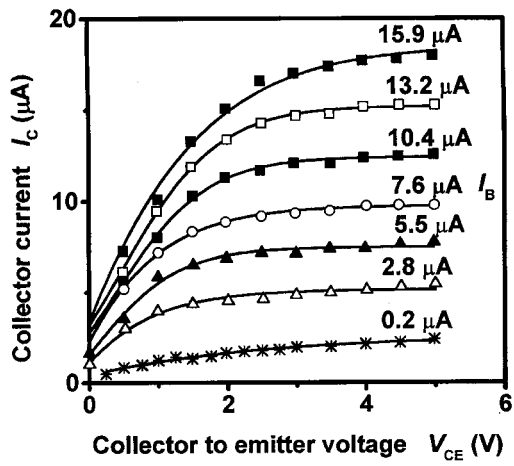
【 図 7 】



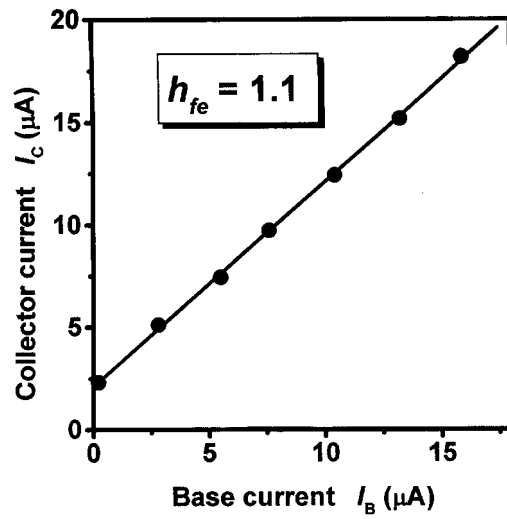
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 11 】

