

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3968129号

(P3968129)

(45) 発行日 平成19年8月29日(2007.8.29)

(24) 登録日 平成19年6月8日(2007.6.8)

(51) Int. Cl.	F I
H O 1 L 29/861 (2006.01)	H O 1 L 29/91 J
H O 1 L 21/329 (2006.01)	H O 1 L 29/91 B

請求項の数 4 (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願平6-61481	(73) 特許権者	592221975
(22) 出願日	平成6年3月30日(1994.3.30)		ゼミクロン エレクトロニク ゲーエム
(65) 公開番号	特開平6-350110		ペーハー ウント コンパニー カーゲー
(43) 公開日	平成6年12月22日(1994.12.22)		ドイツ連邦共和国 デー・90431 ニ
審査請求日	平成12年9月7日(2000.9.7)		ュルンベルク ジークムントシュトラーセ
(31) 優先権主張番号	P 43 10 444.4		200
(32) 優先日	平成5年3月31日(1993.3.31)	(74) 代理人	100091867
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)		弁理士 藤田 アキラ
(31) 優先権主張番号	P 43 37 329.1	(72) 発明者	ヨーゼフ ユッツ
(32) 優先日	平成5年11月2日(1993.11.2)		ドイツ デー・90443 ニュルンベル
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)		ク クナウアーシュトラーセ 11
		(72) 発明者	ウーヴェ ショイアーマン
			ドイツ デー・90439 ニュルンベル
			ク シュヴァイナウアー シュトラーセ
			60
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高速パワーダイオード

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体を備えた高速パワーダイオードであって、半導体が、一連の層状のゾーンを備え、これらの層状のゾーンのうち高抵抗の中央のゾーンが第1の導電形を有し、半導体が、片側に、高ドーピングされた第1の導電形の第1の外側ゾーンを備えているとともに、他の側に、第2の導電形の第2の外側ゾーンにより p n 遷移部を含んでおり、前記中央のゾーンが、厚さとドーピング濃度との選定により所定の逆電圧耐性を有している前記高速パワーダイオードにおいて、

半導体を高エネルギーの粒子で2段階に分けて照射し、その際第1の段階は、ダイオード本体全体を電子で電子照射して電荷キャリアのキャリア寿命を均一に調整し、第2の段階はヘリウム原子核で照射して、pゾーンの侵入深さよりも浅い範囲でのみキャリア寿命を水平方向に均一に且つ鉛直方向に不均一に調整するようにしたことを特徴とする高速パワーダイオード。

【請求項 2】

ダイオード本体全体の電子照射を4.5 MeVのエネルギーと300 kGyの分量の電子線で行なって、ダイオード本体内のキャリア寿命を均一に調整することを特徴とする、請求項1に記載の高速パワーダイオード。

【請求項 3】

ヘリウム原子核の照射を、ダイオード片側のp(+)エミッターゾーンで行なうことを特徴とする、請求項1または2に記載の高速パワーダイオード。

10

20

【請求項 4】

ヘリウム原子核の照射を、 5.4 MeV のエネルギーと、 $7 \times 10^{11} / \text{cm}^2$ の占有率を生じさせるような分量で行なうことを特徴とする、請求項 1 から 3 までのいずれか一つに記載の高速パワーダイオード。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は、半導体を備えた高速パワーダイオードであって、半導体が、一連の層状のゾーンを備え、これらの層状のゾーンのうち高抵抗の中央のゾーンが第 1 の導電形を有し、半導体が、片側に、高ドーピングされた第 1 の導電形の第 1 の外側ゾーンを備えているとともに、他の側に、第 2 の導電形の第 2 の外側ゾーンにより p n 遷移部を含んでおり、前記中央のゾーンが、厚さとドーピング濃度との選定により所定の逆電圧耐性を有している前記高速パワーダイオードに関するものである。

10

【0002】

【従来の技術】

一般に知られているように、半導体内部では、温度が上昇するにつれて内部抵抗は減少する。一方、電流の伝導能力は増大する。定義的には、サイクルシステムのすべての構成要素、またはこのサイクルシステムと負の温度係数をもつ諸構成要素との結合部は、半導体材料と呼ばれる。

【0003】

20

金属は正の温度係数を有し、電流の伝導能力は温度が上昇するとともに減少する。

【0004】

ダイオード内部での伝導能力は、不純物ドーピングが最も少ないゾーンによって決定される。これは通常、中央ゾーンである。即ち最終的に所望の絶縁耐力を決定する厚さを持った中央ゾーンである。従来のダイオードは、実地に適用される電流範囲においては、半導体材料にたいして定義されたとうりの典型的な負の温度係数を有している。

【0005】

種々の文献から、正の温度係数を備えた半導体スイッチが知られている。しかし、半導体スイッチのこのような効果を回路装置全体にたいして効果的に利用することは不可能であった。なぜなら、そのために同様に正の温度係数で作動するダイオードがなかったからである。

30

【0006】

フリーホイーリングダイオードの温度係数が著しく負であると、回路装置内部で注目すべき事態が生じる。即ち二つまたは複数個のフリーホイーリングダイオードを一つの回路装置内で並列に作動させると、定格電流を付加したときの最低電圧降下によりダイオードが過負荷になることがある。なぜなら、この種のダイオードは、転流段階で常時比較的大きな電流成分を担っており、最終的に実際の回路装置内で過負荷になるからである。

【0007】

当業者が想定するところの、 25°C での定格電流とは、ダイオードを完全に組み立てた状態で、且つ冷却体の強制温度が 25°C であるときに、永続直流電流としてダイオードを最大に流れる電流である。従って、定格電流の値に関して組立て技術が考慮される。以下では、定格電流を、電氣的に絶縁され基板を備えた構成要素に関連づけることにする。組立て技術があらかじめ与えられている場合には、ダイオードの面積を大きくすることにより定格電流を増大させることができる。適用した組立て技術の場合、定格電流は 2.3 A/mm^2 である。この定格電流は、ダイオードの有効面積が 32.4 mm^2 である場合、例えば 75 A の定格電流になる。

40

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の課題は、高電流を負荷したときに、順方向における導電能力にたいして正の温度係数が与えられるように高速パワーダイオードを構成することである。

50

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記課題を解決するため、請求項1によれば、半導体を高エネルギーの粒子で2段階に分けて照射し、その際第1の段階は、ダイオード本体全体を電子で電子照射して電荷キャリアのキャリア寿命を均一に調整し、第2の段階はヘリウム原子核で照射して、pゾーンの侵入深さよりも浅い範囲でのみキャリア寿命を水平方向に均一に且つ鉛直方向に不均一に調整するようにしたことを特徴とするものである。

【0010】

【実施例】

次に、本発明の実施例を添付の図面を用いて説明する。

10

【0011】

図1は、本発明によるダイオードの層列の断面図である。なお、寸法比は正確でない。

【0012】

フリーホイーリングダイオードを製造するための基本材料としては、高抵抗のnドーピングされた珪素が用いられる。nドーピングされた珪素は、後のダイオードのゾーン3を形成する。その抵抗は、後の逆電圧負荷に適合している。拡散により、高ドーピングされたn(+)ゾーン4が接続する。n(+)ゾーン4は、接触のために金属被覆部5を有している。逆の側の面には、例えば硼素拡散部2が設けられている。これによりダイオードのpn遷移部が形成される。この硼素拡散部2の表面も接触のために金属被覆部1を有している。個々の層の不純物濃度と、少数キャリアの内部寿命に関しては、ドイツ特許公開第3823795号公報に説明されている。

20

【0013】

ダイオードを平面状に構成する場合、エッジ構造が形成される。これに関しては、本出願人による特許出願(DE4236557.0-33)に説明されている。ダイオードの基本内部寿命の形成を、重金属の拡散により行なうと、これは金属被覆の前に行われ、不純物濃度を電子照射によって生じさせると、これは金属被覆の後に行われる。

【0014】

本発明によれば、二点鎖線で示すように、pゾーン2内に付加的に位置付けされる局所的な再結合中心部6が形成されるが、この再結合中心部6の形成は、完全に不動態化させられ且つ金属被覆された珪素円板でのすべての高温プロセスを終了した後に行われる。このためにイオンを使用する。珪素内へのイオンの侵入深さは、加速エネルギーを介して調整可能である。そのためにはプロトンまたはヘリウム原子核が適しているが、これよりも元素番号が高い元素のイオンを使用してもよい。もちろん、これに応じて、必要な加速エネルギーは高くなる。

30

【0015】

プロトンを照射する場合に注意すべきことは、再結合中心部6の形成とともに、ドーピングの制御も行なうことである。ドーピングは既存の素子特性に影響を与え、素子の他の特性をも変化させることがある。

【0016】

図2は、実験のために特性モデルとして用いた従来の高速パワーダイオードの透過特性を示す。このモデルは、本発明によるダイオードと同一の技術的加工ステップで加工された。相違するのは、ヘリウム及び電子で照射する代わりに、キャリア寿命をプラチナ拡散だけで調整したことである。

40

【0017】

図2のグラフから明らかなように、室温と150℃で示した二つの曲線は平行に延びている。

図3は、例示したようにしてダイオードをヘリウム原子核で照射した場合の結果を示すグラフである。図2の従来の高速パワーダイオードの場合と異なるのは、透過曲線が全く異なるように延びていることである。定格電流レベルの場合には、室温及び150℃における電気負荷の場合の特性に関してダイオードの違いは認められず、電流が高くなると、

50

温度係数が正になる。

【0018】

高速パワーダイオードの場合、順電圧の温度係数は、 $n(-)$ ゾーンに設けられている再結合中心部の種類に依存している。高速パワーダイオードの場合、再結合中心部の数量は主にプラチナによる拡散によって調整される。プラチナの利点は、逆電圧を負荷した場合、再結合中心部が非常に弱い発生中心部しか示さず、よって漏れ電流を小さく維持することができ、ダイオードを 150°C 以下で、またはそれ以上の温度で使用できることである。

【0019】

しかしながらプラチナには、再結合中心部の密度が高くなると、温度係数がますます著しく負になるという欠点がある。次に示す表1は、電流密度が同じ値(2.34 A/mm^2)であるときの、同一の $n(-)$ ゾーンのプラチナ拡散ダイオードの特性を示すものである。プラチナによって生じる不純物の量は、キャリア寿命 t_{rr} を介して測定技術により決定される。

【0020】

室温(T_R)時の順電圧降下 U_F の測定値、及び温度が 150°C のときと室温のときとの順電圧降下 U_F の測定値の差は、表1に示すとおりである。

【表1】

$t_{rr}[\text{ns}]$	$U_F[\text{V}]$	$U_F[\text{V}]$
300	1.76	-0.18
140	2.12	-0.45
100	2.44	-0.55

【0021】

プラチナの代わりに、金を用いて再結合中心部を調整するための拡散を行なうこともできる。周知の通り、金を拡散したダイオードは、温度が 150°C のときに測定した順特性と室温のときに測定した順特性との交点を、ほぼ3倍の定格電流のときに示す。交点の上側では温度係数は正である。

【0022】

しかしながら、この事実は実地の適用にたいしては意味がない。なぜなら、回路装置においてフリーホイーリングダイオードとして用いられる高速パワーダイオードの長期作動時の電流は、定格電流よりも小さくなくてはならず、この作動点において温度係数は常に負だからである。

【0023】

金のドーピングをより高くすることにより、上記交点を低電流のほうへシフトさせることができる。しかしこれにより、金によって強制的に生じた発生中心部の作用が強くなり、ダイオードはほぼ 130°C で高い逆電流により熱的に不安定になる。従ってこのようなダイオードは実際の使用には適していない。

【0024】

高エネルギー粒子(電子またはイオン)の放射による再結合中心部の発生は、不純物の濃度が十分になってから、順電圧の減少した負の温度係数または正の温度係数を提供する。

【0025】

このような放射は、定格電流負荷時の順電圧の正の温度係数という効果を一定の制限内で与える。

電子放射を 4.5 MeV のエネルギーと 300 kGy の分量で行なえば、これだけで本発明の技術思想の方向で効果を得るために十分である。しかしながら、再結合中心部がダ

10

20

30

40

50

イオードの体積全体にわたって均一に分布しているダイオードは、非常に急激な切換え特性を示すので、回路装置内でフリーホイーリングダイオードとして使用するには非常に都合が悪い。なぜなら、転流時点で過電圧になるからである。

【0026】

上記の使用目的にたいしてフリーホイーリングダイオードのソフトリカバリー特性を得るために、局所的に設定可能なイオンの放射が可能である。最近の加速器内でエネルギー消費量を好適に制御可能なヘリウムイオンは、ダイオード本体の所定の侵入深さに設定することができ、しかも遮断特性及び漏れ電流にたいする制御不能なネガティブな特性を生じさせない。

【0027】

このような最適な放射の結果、小電流時の順電圧のわずかに負の温度係数という特性、及び大電流時の正の温度係数という特性をダイオードの定格電流範囲で得ることができる。

【0028】

例えば、ダイオードを2段階で照射することにより得られる効果について説明すると、まず第1段階においてダイオード本体全体を4.5 MeVのエネルギーで電子線により照射する。この照射により、中央ゾーンにおける電荷キャリアの寿命が均一に調整され、転流時点でのダイオードの緩やかすぎる逆電流特性が回避される。

【0029】

照射の第2段階は、ヘリウム原子核で照射して、pゾーンの侵入深さよりも浅い範囲でのみキャリア寿命を水平方向に均一に且つ鉛直方向に不均一に調整する。照射のエネルギー量が5.4 MeVであると、硼素拡散側において、即ちダイオードのp(+)ゾーン側において、蒸着接点下方でほぼ19 μmの侵入深さが得られる。

【0030】

ヘリウム原子核の分量を、 $7 \times 10^{11} / \text{cm}^2$ の面積占有率が得られるように選定すると、高出力の電子回路装置でフリーホイーリングダイオードとして使用するために適した、ソフトに作動する高速パワーダイオードとしての、すべてのパラメータにおいて最適なダイオードが得られる。

【0031】

本発明によるダイオードのこのような利点は、転流部を並列に接続した場合にも得られる。なぜなら、この場合には個々の構成要素の熱特性の違いという危険がないからである。この構成の場合、高速パワーダイオードとしてこれほど最適なダイオードは、従来の対応するダイオードに比べて著しく高性能である。

【0032】

【発明の効果】

本発明によれば、小電流時の順電圧のわずかに負の温度係数という特性、及び大電流時の正の温度係数という特性をダイオードの定格電流範囲で得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】 本発明による高速パワーダイオードの一部分の横断面図である。

【図2】 従来のダイオードの順特性を示すグラフである。

【図3】 本発明によるダイオードの順特性を示すグラフである。

【符号の説明】

- 1, 5 金属被覆部
- 2 硼素拡散部
- 3 中央ゾーン
- 4 n(+)ゾーン
- 6 再結合中心部

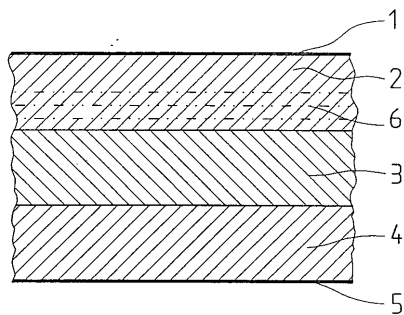
10

20

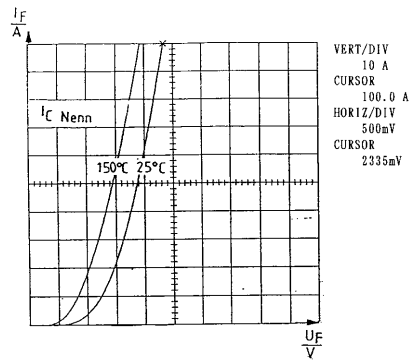
30

40

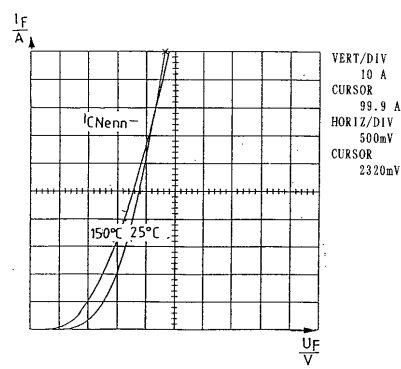
【図 1】



【図 2】



【図 3】



フロントページの続き

審査官 北島 健次

(56)参考文献 欧州特許出願公開第00235550 (EP, A1)
特開平02-072675 (JP, A)
西独国特許出願公開第03927899 (DE, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 29/861
H01L 21/329