

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4143120号  
(P4143120)

(45) 発行日 平成20年9月3日(2008.9.3)

(24) 登録日 平成20年6月20日(2008.6.20)

(51) Int.Cl.

F 1

H01L 21/265 (2006.01)

H01L 21/265

J

H01L 21/329 (2006.01)

H01L 21/265

Z

H01L 29/861 (2006.01)

H01L 21/265 603Z

H01L 29/91

B

H01L 29/91

D

請求項の数 8 (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願平8-522200

(86) (22) 出願日

平成8年1月17日(1996.1.17)

(65) 公表番号

特表平9-511103

(43) 公表日

平成9年11月4日(1997.11.4)

(86) 国際出願番号

PCT/SE1996/000034

(87) 国際公開番号

W01996/022610

(87) 国際公開日

平成8年7月25日(1996.7.25)

審査請求日

平成15年1月17日(2003.1.17)

(31) 優先権主張番号

9500146-7

(32) 優先日

平成7年1月18日(1995.1.18)

(33) 優先権主張国

スウェーデン(SE)

(73) 特許権者 508013917

クリー、インコーポレイテッド  
アメリカ合衆国 ノースカロライナ、ダーハム、シリコン ドライブ 4600

(74) 代理人 100066692

弁理士 浅村 晃

(74) 代理人 100072040

弁理士 浅村 肇

(74) 代理人 100094673

弁理士 林 銘三

(74) 代理人 100091339

弁理士 清水 邦明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】シリコンカーバイドにおける半導体デバイス

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ドープされたシリコン・カーバイドのウェーハ(W)のp-n接合部(3)におけるエッジ終端の正のエッジ角度を得る方法であって、

p-n接合部(3)の領域(7)がマスクされるシリコン・カーバイドのウェーハ(W)にイオン注入を行い、マスクされた領域を包囲する層を半絶縁特性に再構成し、半絶縁特性の層(5)は、p-n接合部(3)のエッジ(E)のエッジ終端を構成し、イオン注入は、p-n接合部と正のエッジ角度が得られる角度で実行されることを特徴とする前記方法。

## 【請求項 2】

請求項1記載の方法であって、ウェーハ(W)はイオン源により照射され、注入時のイオン源の放射線エネルギーは不变であり、ウェーハ(W)への照射エネルギーは、ウェーハに供給するエネルギーを変える手段により変えられることを特徴とする前記方法。

## 【請求項 3】

請求項2記載の方法であって、ウェーハに供給するエネルギーを変えるため厚みの変化する板状のマスク(11)が、照射エネルギーを変えるようイオン源とウェーハ(W)の間に挿入され、マスク(11)はウェーハ(W)の垂直軸で回転することを特徴とする前記方法。

## 【請求項 4】

請求項1記載の方法であって、マスクされた領域を包囲する層(5)を半絶縁特性に再構

10

20

成し、パッシベーション層を形成することを特徴とする前記方法。

**【請求項 5】**

請求項 1 記載の方法であって、エッジ終端 (E) は、平面状シリコン・カーバイド・ウェーハ (W) へ実行される前記注入により形成されることを特徴とする前記方法。

**【請求項 6】**

少なくとも 1 つの p - n 接合部 (3) を含むシリコン・カーバイドの半導体デバイスであって、エッジ終端 (E) は、正のエッジ角度で実行されるイオン注入により形成され p - n 接合部 (3) に近接する再構成された高抵抗層 (5) を含むことを特徴とする半導体デバイス。

**【請求項 7】**

請求項 6 記載の半導体デバイスであって、高抵抗層 (5) は、p - n 接合部 (3) の空乏層の限界である水平面よりも深くまで延びていること  
を特徴とする半導体デバイス。

**【請求項 8】**

請求項 7 記載の半導体デバイスであって、p - n 接合部 (3) は、ダイオード、MOSFET トランジスタ、バイポーラ・トランジスタ、サイリスタ、IGBT トランジスタおよびバイポーラ MOS デバイスのコンポーネント・グループの 1 つから成ることを特徴とする半導体デバイス。

**【発明の詳細な説明】**

**技術分野**

本発明は、プロトン (陽子) またはイオン注入 (打ち込み) を用いてシリコンカーバイド領域を導電性から抵抗性となるように再構成し、この方法を用いてコンポーネントの製造中に p - n 接合部の領域の境界を定め、p - n 接合部をエッジターミネートし、更にコンポーネントの表面をパッシベートする、ベース材料としてシリコンカーバイドを有する半導体デバイスに関する。更に、この方法は、p - n 接合部のエッジで正のエッジ角度を形成するのに使用される。本発明は、注入方法自体にも関する。

**背景技術**

ベース材料としてのシリコンカーバイド (炭化珪素) (SiC) に基づく半導体デバイスは、従来の半導体が満足し得る状態で機能できないような状況下で、高温、ハイパワー用途および高エネルギー放射線を利用する条件下で使用できるように、これまで継続して開発してきた。予想では、パワー MOSFET タイプの SiC トランジスタおよび SiC ダイオード整流器は、高電圧および高温、例えば 650 ~ 800 の温度範囲で作動でき、より低い損失およびより高い周波数で良好なブレークダウン特性を示し、更に対応するシリコンコンポーネントよりも容積が 20 分の 1 となると示されている。これらの改良点は、シリコンと比較してシリコンカーバイドが有する固有の有利な材料特性、例えば (シリコンよりも少なくとも 10 倍高い) ブレークダウン電界、(シリコンの 3 倍を越える) 熱伝導率および大きなエネルギー・バンドギャップ (SiC の結晶構造の 1 つである 6H-SiC では 2.9 eV である) に起因するものである。

シリコンカーバイド半導体技術は、比較的最近のものであり、多くの点で最適な状態となっていないので、完全に有效的 SiC パワー半導体を実験的に実現し、大量生産を行えるようにする前に解決の必要な重大な製造上の問題が多数ある。このことは、特にハイパワーの高電圧用に用いられるコンポーネントに当てはまる。解決の必要な問題とは、数キロボルトの電圧に耐えられるようにすべき単一コンポーネント (部品) に対しては、コンポーネント内の電圧吸収層に対するバックグラウンドドーピング濃度を低減すること、シリコンカーバイドの表面パッシベーション技術を最適にしなければならないこと、および例えば、大面積を有する大電流コンポーネントを製造しなければならない場合にシリコンカーバイド材料における重大な欠点の数を低減しなければならないことが挙げられる。開発の必要な他の分野としては、例えば、この材料に対する良好なオーミック接触部を製造する方法、注入によるドーピング方法、エッチング等のプロセス技術が挙げられる。

実験的に形成された p - n 接合部およびショットキー接合部を備えた 6H - SiC におい

10

20

30

40

50

て、高電圧ダイオードを製造することは実験目的で実行されている（M. バットナガーおよびB. J. バリガー著のIEEEトランザクション、エレクトロンデバイス第40巻第3号645～655頁、1993年3月、またはP. J. ノイデック、P. J. ラーキン、J. A. パウエル、L. J. マタスおよびC. S. サルプ著のアプライドフィジカルレターズ、第64巻第11号、1994年3月14日、1386～1388頁も参照）。上記問題のいくつか、特にドーピング濃度の低減は解決されており、よって、これまでに最初の2000Vのシリコンカーバイドダイオードが報告されている。これは、シリコンカーバイドによる基板材料を製造するための近年の開発進歩により実現されている。

表面から下方の所望の深さまで高抵抗層を得るために、シリコンカーバイド材料の表面を再構成するために有効で簡単なシリコンカーバイドの表面パッシベーション方法は知られていない。  
10

電圧吸収p-n接合部を備えた高電圧ダイオードまたは他の半導体デバイスを製造する間、マスターする別の問題は、p-n接合部のエッジの適当なターミネーションを行うことである。p-n接合部の両端に高い逆電圧が印加されると、p-n接合部のエッジにおける、このp-n接合部の両端の電界は極めて大きくなる。この問題は、上記公知のダイオードでは解決されていない。SiCの半導体デバイスの開発中に解決すべき状態のままになっている問題は、対応するシリコンコンポーネントを導入した際に生じた問題に極めて似ている。しかし、シリコンコンポーネントの対応する製造のために現在のところ知られている解決案のように、シリコンカーバイドコンポーネントの製造に関連する特定の問題の解決に対し、同じ技術を用いることはできない。約2270Kよりも下では拡散係数は無視できるので、SiCにおける拡散によりドーピングを行うことは極めて困難であることを、一例として挙げることができる。更に、シリコンコンポーネントを製造する際の共通技術であるドーパントのイオン注入方法はマスタが困難であり、シリコンカーバイドに対しては開発されていない。  
20

p-n接合部のエッジにおいて結果として生じる強力な電界と逆方向の高電圧は、p-n接合部のエッジにおけるブレークダウンまたはフラッシュオーバーを生じさせる恐れが大きい。コンポーネントの表面でp-n接合部が出現している場合、コンポーネントのより内部のp-n接合部における状況と比較して電界が大きくなる。これは、コンポーネント内の、より一様な状態から表面における材料の急激にステップアウトする変化と関係している。このような事実により、表面の電界を小さくし、表面をパッシベートすることが重要となる。シリコンコンポーネントの表面をパッシベートすることと組み合わせて、例えば、p-n接合部が表面で出現している状態に影響を与えることにより、表面における電界を等しくするような処置も行う。パワーコンポーネントに対しては、例えば、電界を等しくするようにp-n接合部を通る所定の角度で表面のラッピング（研磨）を実行する。これに関連し、高ドーピング濃度の層から低ドーピング濃度の層へ（すなわち、高ドーピング濃度のp領域から低ドーピング濃度のn領域へ）通過する際に、p-n接合部を有するウェーハの面積が増加するように負の指定エッジ角度を使用する。これに対応し、正のエッジ角度は、低ドーピング濃度の層に向かう方向（すなわち、高ドーピング濃度のp領域から低ドーピング濃度のn領域への方向）へp-n接合部の面積が減少するように指定する。p-n接合部のエッジにおける電界を小さくする1つの方法としては、エッジを研磨することにより公知の半導体材料の場合のエッジ角度を得るように正のエッジ角度を有するp-n接合部を設計することであり、このような方法は、シリコンカーバイドコンポーネントでは全く提案されていない。  
30

p-n接合部のエッジで電界濃度を低減する別の方法は、表面における電界を小さくするようにp-n接合部の周辺のリング（いわゆる、接合部ターミネーション延長部）内の表面に向かってpドーピングを徐々に減らすことである。シリコン技術から知られる、これら方法は、SiC材料に適用するには困難である。その理由は、この材料は硬質であり、拡散によるドーピングを実施することが困難であるからである。

ベース材料としてシリコンを使用するp-n接合部をターミネートするのに、例えば、所定の任意の極めて小さい伝導率を有する半絶縁層をp-n接合部のエッジに設けることが  
40  
50

知られており、ここで、この層は逆方向の高電圧を p - n 接合部に印加すると、この半絶縁層を通って逆方向に微弱な電流が流れ、よって p - n 接合部のエッジにおける電界が減少し、電圧ブレーカダウンの生じる恐れがかなり少なくなる。スエーデン特許第SE9400482号明細書は、SiCベース材料で構成された p - n 接合部のエッジターミネーションを行い、更にパッシベートする方法を述べている。本発明は、この問題に対する別の解決案を説明するものである。

更に、ショットキーダイオードにおけるアルゴンイオン注入によりエッジターミネーションを行うことも知られている（IEEE エレクトロンデバイスレターズ、第 15 卷第 10 号、1994 年 10 月、デブ・アローク外）。しかしながら、この刊行物は、ショットキーダイオードの表面における薄膜をパッシベートできることしか記載しておらず、少なくとも 2 つの異なるシリコンカーバイド層からなる p - n 接合部のエッジターミネーションについては述べていない。

#### 発明の概略

本発明は、プロトンまたはイオン注入を用いてシリコンカーバイド領域を導電性から抵抗性に再構成し、この注入方法を用いて p - n 接合部を含む半導体デバイスを製造し、p 導電性層および n 導電性層の双方をシリコンカーバイド（SiC）のドープされた層として構成する方法に関し、この注入方法は次の工程の少なくとも 1 つで使用される。

- 半絶縁層を有するコンポーネントのシリコンカーバイド表面をパッシベートする工程
- 製造中の p - n 接合部の領域の境界を定める工程
- 半絶縁層による p - n 接合部のエッジをターミネートする工程
- p - n 接合部のエッジにおける正のエッジ角度を形成する工程
- シリコンカーバイドの同じウェーハで複数のコンポーネントを製造する際に異なるコンポーネントを互いに絶縁する工程

本発明は注入方法自体にも関する。

方法に係わるシリコンカーバイドで構成された半導体デバイスの表面のパッシベーションおよびエッジターミネーションを行う、この方法は、パッシベーションしないコンポーネントの表面にマスクを載せるイオン注入方法において、シリコンカーバイドの表面の電気的および構造的性質を変えることを特徴とする。変えるべきコンポーネントの表面にイオン、好ましくはプロトンを照射し、イオンの注入中に p または n ドープされたシリコンカーバイドとすることができる、表面にイオン注入の制御によりパッシベート層に望まれる高抵抗率を付与する。コンポーネントの製造的に変化する表面層の深さは注入エネルギーによって決定される。

上記方法によりシリコンカーバイドデバイス部分、例えば保護層として働く半絶縁層内まで表面に向かって進む p - n 接合部の層を直接再構成することが可能である。このように、シリコンカーバイドの所望領域をパッシベートしたプレーナーコンポーネントが得られる。

抵抗率を制御することにより層を抵抗性とした p - n 接合部のエッジターミネーションとして、注入方法による半絶縁層のパッシベーションを使用すると、p - n 接合部のエッジにおけるクラッシュオーバーまたはブレーカダウンの上記のような恐れが少なくなる。パッシベーション層には極めて微弱な電流を運ぶ可能性が与えられ、これにより微弱漏れ電流により加えられた電荷が放電するという点でパッシベーション層が帶電する恐れが少なくなる。注入を制御することにより、このパッシベーション層にかかる任意の抵抗率を与えることができる。

パッシベーション層はコンポーネントから直接形成され、その後堆積される層を構成しないので、コンポーネントの材料と化学的に同一である。これにより、熱特性および機械的特性は、互いにより良好に適合したものとなる。この理由は、コンポーネントと層は同じ材料サンプルから形成されるからである。

実際に使用できる SiC 半導体デバイスを得るのに、本発明によれば、イオンまたはプロトン注入を使用できる。基本アイデアは、シリコンカーバイドの結晶パターン内の電荷キャリアに対する格子欠陥および捕捉機構を導入することにより、電流が通過しないシリコ

10

20

30

40

50

ンカーバイドの材料領域、例えば、エミッタを囲む領域を半絶縁性とすることである。この目的のため、照射中に複数の異なる物質を使用できるが、利用可能なプロトンエネルギーを使用することにより、プロトンは、シリコンカーバイド本体の結晶格子内に深く達するのに特に適している。

領域または層を半絶縁性としたシリコンカーバイドコンポーネントの重要な利点は、その領域または層がパッシベーション層として機能し、良好な熱特性によるパッシベーションが行われること、例えば、パッシベーション層がシリコンカーバイド本体の残りと同じ膨張係数を有するということである。更に、領域を永久的に帯電することなくパッシベーション領域に対して適合された抵抗率が得られる。注入は、いわゆるブレーナー技術に従い、平坦な表面で行うことができ、このことは、特にコンポーネントの構造がより複雑となる場合に常に有利である。10

SiC 材料の除去を行うエッチングによって得られるメサ構造と異なり、本発明の方法による注入は、SiC 材料の除去の代わりとして行われる。このことは、本方法によれば照射済み領域または層の導電率が大幅に低減され、よってコンポーネントから半導電性 SiC の所望しない領域を除去する必要がなくなることを意味しており、このことは極めて有利となっている。

本発明によって実施される注入技術は、極めて高いメサ構造に対応するよう、より深い注入によりコンポーネントの層の幾何学的形状を変えるという点で、更にワンステップ改善できる。このことは、90 度のエッジ角度を有する p-n 接合部に適用され、このことは、低いメサまたは薄い注入体の場合の状況と比較してブレークダウン電圧の点で極めて有利であり、このような薄い構造では p-n 接合部のエッジでゆっくりとした電界の累積が生じる。注入中、マスクされた領域の下ではイオンまたはプロトンが、傾斜した角度で多少側方に進入するという点で、多少、正のエッジ角度が生じるので、p-n 接合部のエッジは、正確に 90 度とはならない。本発明によれば、知られているように、エッジの電界の低減に有利に影響する適当な正のエッジ角度を提供できるという点で、この事実を明らかに利用できる。放射線が p-n 接合部においてマスクの下方で所定の角度で斜めに進入するよう、ウェーハの垂直軸線を中心として放射線を回転させながら放射線がウェーハに斜めに衝突するよう、1つ以上のコンポーネントを有するウェーハに注入照射を行うことにより、p-n 接合部に正のエッジ角度を付与する。このように、この方法により簡単に正のエッジ角が得られること、更にこれがブレーナーコンポーネントで可能であるという事実が最も重要である。2030

上記イオンまたはプロトン注入による利点により、半絶縁性 SiC 内に封止された 1 つ以上のアクティブ（ドープされた）層を有する SiC コンポーネントを形成する可能性が得られる。このように、プロトン技術により p-n 接合部におけるエッジターミネーションおよび 1 つのシングルプロセスの工程によるパッシベーションの双方が達成される。大きな注入エネルギーが必要であるという技術に係わらず、この技術は、複雑な交互エッジターミネーション方法と比較して極めて将来性があるようである。この方法は、更にシリコンカーバイドの 1 つの同じウェーハ上に複数のコンポーネントを製造する際に、異なるコンポーネントを互いにアイソレートする可能性も与える。本明細書におけるウェーハなる用語は、1 つのコンポーネントに対し本明細書に説明した方法により単一または複数のコンポーネントを上部に同時に製造するシリコンカーバイドのプレートを意味する。1 つの同じウェーハ上に複数のコンポーネントを製造する際、これらコンポーネントは、プロセスの後のステージで互いに分離される。40

イオンまたはプロトンが注入される層は、極めて抵抗値が大きいものであってはならない。その他のキーとなる特性としては、温度依存性、生じる抵抗率の温度安定性、注入された SiC 層の誘電強度および p-n 接合部の両端の周辺電流リークが挙げられる。これら特性のいずれに対しても、本発明により得られる注入層で好ましい値が得られる。

本発明による方法では、注入領域とコンポーネント内の隣接する影響されない SiC 層との間の境界層で、完全に構造を適応化できる。このような適応化は、パッシベーションを行うため異なる物質を利用する際には困難である。注入層および隣接する層は同じ結晶に50

属しているので、注入方法により完全な一体性が保持される。このように、仕上がったコンポーネントが機械的に安定となるという利点も得られる。

上記のように、p-n接合部のエッジを下方に研磨することにより、公知の態様でエッジターミネートすることが可能である。しかしながら、SiCで構成されたp-n接合部は極めて薄いので、SiC内のp-n接合部のエッジを機械的に加工することは極めて困難である。

シリコンカーバイド層にプロトンの注入をする際に、プロトン照射を行うエネルギーにより決定される層内の深さで、上記の結晶の構造的变化が生じる。結晶内で本発明により表面から下方に構造变化と共にパッシベーションを行う場合、種々の方法を利用できる。より厚い半絶縁層を得る1つの方法は、異なるエネルギーレベルで、または所定プログラムに従い、時間に対して注入エネルギーを制御するいくつかの工程でプロトンの注入を実行することである。別の方によれば、1つの同じプロトンエネルギーを使用し、回転するマスクを利用する。マスクは、厚みが変化しており、シリコンカーバイド結晶に注入されるプロトンのエネルギーレベルを変えるようなインターバルを与えるので、結晶内の所望の深さに所望の厚みを有する、構造的に変化した固有の層が得られる。後者の方法の変形例として、マスクを固定した状態でp-n接合部を備えたSiCウェーハを回転する。上記これらの変形例は、一時期に1つのp-n接合部しか処理しない場合に利用できる。

#### 【図面の簡単な説明】

第1図は、本発明に係わる注入プロセスでエッジターミネートされパッシベートされたブレーナ状p-n接合部を示す。

第2図は、深い注入を行ったp-n接合部を示す。

第3図は、より深い深さまで注入を行った場合の正のエッジ角度でターミネートされたブレーナ状p-n接合部を示す。

第4b図は、異なるエネルギーレベルの照射を行うよう、回転マスクによる注入を行うための方法を示す。

図4b図は、マスク材料の厚みを多数回変えた回転マスクの外観の一例を示す。

第5図は、SiCサンプルに7つの異なるエネルギーレベルでプロトンを1.1μmの深さまで注入した総照射量の関数として抵抗率を示すグラフである。

第6図は、シリコンカーバイドのウェーハに対し、所定の角度で注入物を入射できることにより、正のエッジ角度を形成する際の注入方法を示す。

第7図は、プロトン注入を実施する一例における工程を示す図である。

#### 好みの実施例の説明

次に多数の実施例を参照して本発明について説明する。

6Hポリタイプの、市場で購入した、エピタキシャル法によりCVD成長されたSiCウェーハを使用して、第1図に示された垂直p-n接合部を製造した。第1図から1つのコンポーネントを含むウェーハW内の層の組成が明らかである。ここでは、エピタキシャル技術によりn<sup>+</sup>基板1上にドープ濃度のn<sup>-</sup>層2を形成する。このn<sup>-</sup>層2の上にp<sup>+</sup>層4をエピタキシャル法で形成することにより、ウェーハW内にエピタキシャル技術でp-n接合部3も製造する。次の表1から層の構造およびドーピングが明らかであり、この表は、良好に実施された実施例の1つの例の値しか示していない。

表1

層	厚さ(μm)	通常ドーピング(cm <sup>-3</sup> )	C/Vドーピング(cm <sup>-3</sup> )
p <sup>+</sup> 層	1	1 0 <sup>18</sup>	1. 1 × 1 0 <sup>18</sup>
n <sup>-</sup> 層	9	1 0 <sup>16</sup>	1. 0 × 1 0 <sup>16</sup>
n <sup>+</sup> 層	0. 5	1 0 <sup>18</sup>	6. 2 × 1 0 <sup>18</sup>
基板	3 0 0	2 × 1 0 <sup>18</sup>	4 × 1 0 <sup>18</sup>

10

20

30

40

50

図示された p - n 接合部 3 は、ダイオードにおける p - n 接合部 3 の利用を示しているので、コーティングされた N i または T i から構成できる n タイプのコンタクト 6 と n<sup>+</sup> 基板 1 とが接触しており、p - n 接合部の p<sup>+</sup> 層 4 がコンタクト 7 と接触しており、本例ではコンタクト 7 はコーティングされた A 1 から成る。

300 秒の間、950 までの熱処理をした後、注入マスクおよび接合金属として p<sup>+</sup> コンタクト上に T i 、P t および A u を蒸着する。

p<sup>+</sup> コンタクト 7 上でウェーハ W にマスクが設けられると、イオンを注入し、p - n 接合部 3 を囲むシリコンカーバイドの領域を p - n 接合部 3 が位置するウェーハ W 内の深さよりも深い位置まで再構成する。プロトン(陽子)注入により p - n 接合部 3 内の周辺材料の再構成が行われ、p - n 接合部の領域の境界を定め、従って p - n 接合部のエッジ E の境界を定める。同じ工程において、周辺材料の再構成により p - n 接合部 3 を囲む、半絶縁特性を備えた層 5 が形成される。この半絶縁層 5 は、周辺に対するパッシベーション層として働く。この半絶縁層 5 は、p - n 接合部 3 のエッジ E における電界濃度を低減することにも寄与する。この半絶縁層 5 は、また p - n 接合部のエッジにおける電界の伝搬も行う。p<sup>+</sup> 接点がマスクされたウェーハに多数の異なるエネルギーレベルおよび異なる照射量で照射を行い、異なる深さの層でプロトン照射による結晶の再構成化が生じ、かつシリコンカーバイドの表面から所望の深さまで下方に異なる層が互いに重なり合うような、プロトンによる注入を実施例で行った。下記の表 2 に記載した照射量および 25 keV ~ 175 keV のプロトンエネルギーで、7 工程にてプロトン照射により、第 1 図に示されたコンポーネント内の半絶縁層を得る一例として記載できる。ここで 2 つのウェーハ C および D はそれぞれ 2 回注入した。

表 2

ウェーハ	175 keV	150 keV	125 keV	100 keV	75 keV	50 keV	25 keV	単位
C	2.2	1.7	1.5	1.4	1.2	1.2	1.2	$10^{13} \text{ cm}^{-2}$
D	2.2	1.7	1.5	1.4	1.2	1.2	1.2	$10^{15} \text{ cm}^{-2}$
C	2.2	1.7	1.5	1.4	1.2	1.2	1.2	$10^{14} \text{ cm}^{-2}$
D	11.0	8.5	7.5	7.0	6.0	6.0	6.0	$10^{15} \text{ cm}^{-2}$

第 5 図は、この注入の結果を示す。ここでは、選べる低効率は、ウェーハ C および D における総照射量の関数として示され、よって、それぞれのウェーハに対する注入量を加えることにより 2 回の照射の後の総注入量が得られる。第 5 図からプロトン注入中の総注入量を選択することにより、材料に対する所望の低効率が得られることが確認される。

第 7 図は、所望の再構成された層 5 を形成するための注入方法の一般的なフローチャートを示す。

第 2 図は、ウェーハのより深い深さまで陽子による注入を行った、本発明に係わる p - n 接合部を備えたシリコンカーバイドコンポーネントを示す。p - n 接合部 3 に隣接する半絶縁層 5 は、本ケースではウェーハ W 内において空乏層の限界である水平面よりも深くまでとしてもよく、これにより、境界部におけるドーピングされた S i C 材料が半絶縁層 5 で満たされる懼れを低減することに寄与できる。

第 3 図も、より深い深さまで注入を行った p - n 接合部を示すが、本例ではエッジ角度は正となっている。このことは、異なる技術により、このようなエッジ角度を得た場合、S i コンポーネントに対する従来技術によれば、p - n 接合部のエッジにおける電界強度は極めて低くなる。注入中にサンプルまたは放射線を傾斜し、同時にサンプルまたは放射線を回転することにより、正のエッジ角度が得られ、この場合、放射線はマスクの下の所望角度に進入する。第 6 図が参照される。最適なエッジ角度は、40 ~ 45 度であるが、他の値を選択することもできる。従って、ここに提案するプロトン注入方法を用いると、シリコンカーバイドコンポーネント中の p - n 接合部で正のエッジ角度が得られる可能性が生じ、S i コンポーネント上で p - n 接合部は、エッジを機械的に研磨し、同じ 1 つのブ

10

20

30

40

50

ロセス工程で SiC コンポーネントの正のエッジ角、エッジターミネーションおよび表面のパッシバーショングを行うことにより、SiC コンポーネントでの接合が行われる。更に、この接合は、プレーナ状ウェーハで行うと取り扱いが容易であり、同時にコンポーネントの結晶構造に対する結晶の観点から半絶縁パッシバーショング層 5 が完全に適合する。この理由は、プロトンの衝突は、SiC 結晶の構造変化しか生じさせないからである。

p - n 接合部まわりのリークは問題とならず、注入コンポーネントにおけるブレークダウン電圧は、コンポーネントの機能を乱さないと観察されている。更に、p - n 接合部のまわりの電界に対する半絶縁層 5 の形態をした電界プレートによって生じる影響によりブレークダウン電界が高くなる。

半絶縁層の製造、または全体として本発明に係わるプロトン注入によるシリコンカーバイドに注入を行う変形例として、第 4 a 図の方法が使用できる。この方法では、全注入プロセス中でプロトンを注入すべきサンプル 10 に同じエネルギー水準のプロトンを照射する。（シリコンカーバイド材料中の表面から下方の所望の高さまでの）シリコンカーバイドサンプル 10 における異なる深さで所望する構造的变化を得るのに必要なプロトンエネルギーを得るために、この方法は、サンプル 10 と H<sup>+</sup> 放射線源（図示されず）との間で回転させられる、厚みが変化するマスク 11 を使用する。第 4 b 図は、円形プレートの形態をしたマスク 11 の一例を示す。このプレートはシリコンカーバイドサンプル 10 に達する、変化するエネルギーのプロトン放射線を得るために使用され、このプレートには図示された例では 4 つの異なる厚み a ~ d を有する。

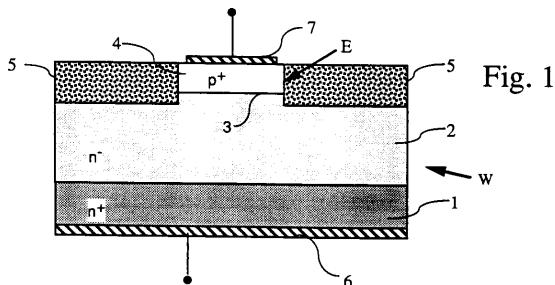
所望の抵抗率を有する再構成ゾーンを得るために、プロトンによる注入方法は、必ずしもシリコンカーバイド材料におけるゾーンを表面から下方に再構成するように行う必要はない。表面から下方に位置し、シリコンカーバイド材料内に点在された、半絶縁特性を有する層を得ることもできる。

更に、プロトンの代わりに、例えば H e<sup>2+</sup> または D<sup>+</sup> を使用することも可能である。

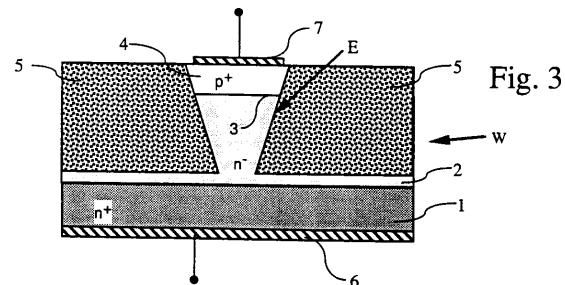
10

20

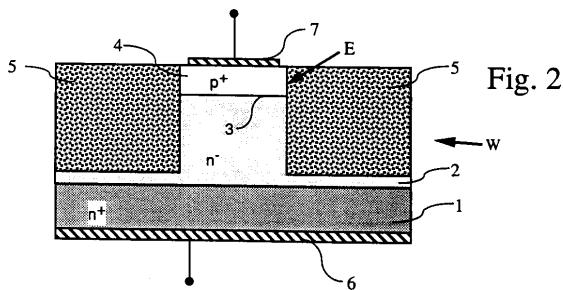
【図 1】



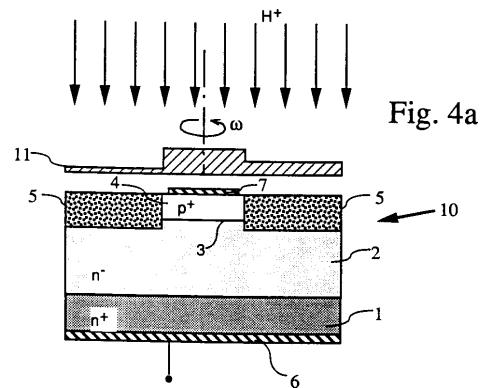
【図 3】



【図 2】



【図 4 a】



【図 4 b】

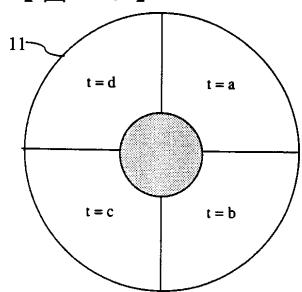


Fig. 4b

【図 6】

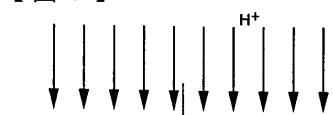


Fig. 6

【図 5】

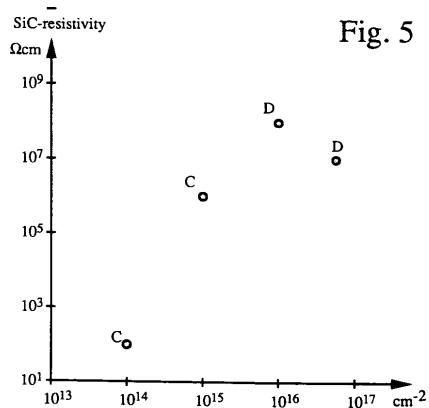
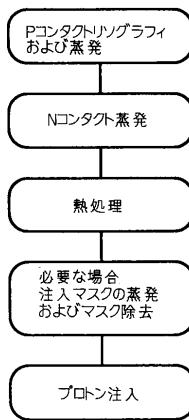


Fig. 5

【図 7】



Fig. 7



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

H 01 L 29/91

F

(72)発明者 ヘルマンソン, ウィリー

スウェーデン国 エス - 724 76 ベステルオース, ハカントルプスガタン 49

(72)発明者 ラムペルグ, レンナート

スウェーデン国 エス - 161 52 ブロムマ, リラングスガタン 10

(72)発明者 ジグルド, ダグ

スウェーデン国 エス - 121 33 エンスケデダレン, アケルベーゲン 83

審査官 和瀬田 芳正

(56)参考文献 米国特許第5270244(US, A)

特公昭36-1690(JP, B1)

特表平10-501097(JP, A)

米国特許第5399883(US, A)

特開平6-204232(JP, A)

Alok, D, A simple edge termination for silicon carbide devices with nearly ideal break down voltage, IEEE Electron Device Letters, 1994年10月, 第15巻, 第10号, pp. 394-395

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/265

H01L 21/329

H01L 29/861