

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5322044号  
(P5322044)

(45) 発行日 平成25年10月23日 (2013. 10. 23)

(24) 登録日 平成25年7月26日 (2013. 7. 26)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 21/02 (2006. 01)	HO 1 L 27/12 E
HO 1 L 27/12 (2006. 01)	HO 1 L 21/20
HO 1 L 21/20 (2006. 01)	HO 1 L 21/02 B

請求項の数 1 (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願2007-278811 (P2007-278811)	(73) 特許権者	504174135 国立大学法人九州工業大学 福岡県北九州市戸畑区仙水町1番1号
(22) 出願日	平成19年10月26日 (2007. 10. 26)	(74) 代理人	100077263 弁理士 前田 純博
(65) 公開番号	特開2009-111007 (P2009-111007A)	(72) 発明者	中尾 基 福岡県北九州市戸畑区仙水町1番1号 九州工業大学工学部
(43) 公開日	平成21年5月21日 (2009. 5. 21)	(72) 発明者	種平 貴文 福岡県北九州市戸畑区仙水町1番1号 九州工業大学工学部
審査請求日	平成22年9月26日 (2010. 9. 26)	(72) 発明者	中野 貴博 福岡県北九州市戸畑区仙水町1番1号 九州工業大学工学部
特許法第30条第1項適用 平成19年9月4~8日・ 社団法人応用物理学会発行の「2007年秋季・第68 回応用物理学会学術講演会・講演予稿集」No. 1の4 09頁(4a-T-7)に発表		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 絶縁層埋め込み型半導体炭化珪素基板及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

n型不純物層を有する絶縁層埋め込み型半導体炭化珪素基板の製造方法であって、先ず、SiC膜/SiO<sub>2</sub>膜/Si基板の3層構造を有する絶縁層埋め込み型半導体炭化珪素基板に、窒素イオン、リンイオン、砒素イオン、アンチモンイオンの群から選ばれた1種又は2種以上の混合物からなるイオンを注入しn型不純物層を形成させ、次いで、昇温速度が10 /秒以上の急速加熱の条件下で所定の熱処理温度範囲まで昇温し、1200 以上1410 未満の温度範囲で、1分以上10分未満の時間熱処理することを特徴とするn型不純物層を有する絶縁層埋め込み型半導体炭化珪素基板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、絶縁層埋め込み型半導体炭化珪素(SiC)基板、更に詳しくは、n型不純物層を有する絶縁層埋め込み型半導体炭化珪素基板とその製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

シリコン(珪素)は集積回路用半導体材料として広く用いられており、現在実用化されているパワートランジスタ等の大電力用集積回路も、シリコンで作られているものが多い。しかし、シリコンを用いた半導体は、大電力用の用途の場合、耐電圧の点で必ずしも十分ではないという問題がある。シリコンにおけるこのような欠点を解決するために、半導体

材料として炭化珪素が注目されている。

#### 【0003】

そして、炭化珪素は、熱的、化学的安定性に優れ、機械的強度も強く、放射線照射にも強いという特性から、ポストシリコンとして、これまで数十年間、次世代半導体材料として研究開発が続けられて来ている。炭化珪素の結晶形としては、六方晶(2H、4H、6H等)、立法晶(3C)、菱面体晶(15R)等が知られているが、特に立法晶の炭化珪素(3C-SiC)は、シリコンとプロセス互換性に優れていること、及びシリコンに比してバンドギャップが大きいこと、高温(例えば、500)動作や高耐圧動作が可能であるので、様々な用途への展開が期待できる。とりわけ絶縁層埋め込み型半導体炭化珪素基板を用いたSiCデバイス、需要拡大が期待されるカーエレクトロニクス分野における次世代電子デバイスや、MEMS(microelectro mechanical systems)技術との一体化を目指した、信号処理・制御に関する集積回路への可能性も模索でき、適用分野は多岐にわたるものと考えられる。

10

#### 【0004】

一方、埋め込み絶縁層を有するSOI(Silicon on insulator)基板は、回路の高速化と低消費電力化を図る上で優れており、次世代のLSI基板として有望視されている。従って、これら2つの特徴を融合した絶縁層埋め込み型半導体炭化珪素基板が半導体デバイス材料として有望であると考えられる。

#### 【0005】

絶縁層埋め込み型半導体炭化珪素基板は、SOI(Silicon on insulator、Si膜/SiO<sub>2</sub>膜/Si基板)基板を出発材料として、そのSi膜を炭化してSiC膜とする方法が知られている(例えば、特許文献1と2)。また、シリコン基板の熱酸化処理により得られる、絶縁層と単結晶シリコン層とからなる基板のシリコン層の表面に、炭素含有ガスを供給しつつ加熱して、シリコン層を炭化珪素層に変成させ、絶縁層とシリコン層とからなる基板と絶縁層の側で貼り合わせて、絶縁層埋め込み型半導体炭化珪素基板を得る方法も知られている(特許文献3)。

20

【特許文献1】特開2003-224248号公報

【特許文献2】特開2004-296558号公報

【特許文献3】特開2007-27648号公報

#### 【0006】

炭化珪素半導体において、炭化珪素へのn型不純物層の形成は、一般に5属のリンイオンや窒素イオンを、炭化珪素表面層(SiC膜)にイオン注入し、その後、イオン注入によって不純物層に形成された格子欠陥を消滅させるために熱処理が行われる。炭化珪素は熱的に安定なので、一般に1600~1700の高温で熱処理が行われている。しかし、前記の方法で得られたSiC膜/SiO<sub>2</sub>膜/Si基板を用いた場合、シリコンの融点が約1400であり、これを超える高温、長時間の熱処理では、母材であるシリコンが溶融してしまうという問題があった。また、熱処理温度が1500以上になると、これまでのシリコンを中心にした材料に適合するように設計されている集積回路製造設備や材料が流用不可能であり、全く新規な設備や工程を構築しなければならず、炭化珪素半導体を用いる集積回路の製造コストを著しく高騰させるといった問題もあった。

30

40

#### 【0007】

絶縁層埋め込み型半導体炭化珪素基板に関するものではないが、炭化珪素半導体のn型不純物層形成の際の、熱処理温度を低下させるための提案もなされている(特許文献3)。

特許文献4に記載された発明は、n型不純物層を有する炭化珪素半導体の製造の際、炭化珪素半導体層に1000~1200の温度でシリコンイオンを注入する工程と、このシリコンイオンを注入した炭化珪素半導体層を1000~1200の不活性雰囲気中で熱処理する工程と、前記シリコンイオンにほぼ相当する量の窒素イオンを1000~1200の温度でイオン注入する工程とを有することを特徴とするものである。しかしながら

50

、かかる方法は工程的に複雑になり、且つ、高性能な電子デバイスを構築するために必要である半導体層の結晶性が、著しく低下するという問題点がある。

【特許文献4】特開平10-64840号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

従って、本発明の課題は、絶縁層埋め込み型半導体の炭化珪素基板において、電子デバイス作製に不可避である低抵抗n型不純物層を形成するための工業的な方法を提案することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は、絶縁層埋め込み型半導体炭化珪素基板にイオン注入しn型不純物層を形成させ、次いで熱処理することを特徴とするn型不純物層を有する絶縁層埋め込み型半導体炭化珪素基板の製造方法である。

【0010】

本発明は、注入されるイオンが、窒素イオン、リンイオン、砒素イオン、アンチモンイオンの群から選ばれた1種又は2種以上の混合物であることを特徴とする。

【0011】

本発明は、熱処理が、1200 以上1410 未満の温度範囲で、1分以上10分未満の時間範囲で行われることを特徴とする。

【0012】

本発明は、熱処理が、昇温速度が10 /秒以上の急速加熱の条件下で行われることを特徴とする。

【0013】

本発明の製造方法によれば、低抵抗n型不純物層を有する絶縁層埋め込み型半導体炭化珪素基板が得られる。

【発明の効果】

【0014】

一般に炭化珪素基板の価格は、シリコン基板価格の10～100倍もするが、本発明では、小消費電力用半導体として使用されているSOI(Si膜/SiO<sub>2</sub>膜/Si基板)を利用し、そのSi層を炭化してSiC膜/SiO<sub>2</sub>膜/Si基板とすることによって、炭化珪素半導体を廉価で提供することができる。具体的には、本発明の方法、例えば、SiC膜/SiO<sub>2</sub>膜/Si基板に窒素イオンを注入する際の熱処理条件として、赤外線照射により10 /秒以上で昇温し、1200 以上1410 未満の温度範囲で、1分以上10分未満の時間範囲で熱処理することにより、n型不純物層を有する絶縁層埋め込み型半導体炭化珪素基板を製造することができる。

【0015】

本発明によって得られた、n型不純物層を有する絶縁層埋め込み型半導体炭化珪素基板は、高性能炭化珪素デバイス作製に道を開くものであり、将来的なデバイス作製プロセスにおいても重要な位置づけになる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

本発明は、絶縁層埋め込み型半導体炭化珪素基板に、イオン注入によりドナーとなり得る元素をドーピング(注入)し、その後、格子欠陥を消滅させるために熱処理を行ない、n型不純物層を形成するものである。絶縁層埋め込み型半導体炭化珪素基板は、市販のSOI(Silicon on insulator、Si膜/SiO<sub>2</sub>膜/Si基板)基板を用いて、例えば、特許文献1又は2に記載の方法で好ましく製造することができるが、本発明において用いられる絶縁層埋め込み型半導体炭化珪素基板は、その他公知のアチソン法、昇華法、CVD法、エピタキシャル法等種々の製造方法で製造されたものでも使用できる。

10

20

30

40

50

## 【0017】

特許文献1の方法は、表面シリコン層の膜厚が10nm以下で埋め込み絶縁物を有するSOI基板を加熱炉(成膜室)内に設置し、加熱炉内に水素ガスと炭化水素系ガスとの混合ガスを供給しつつ、加熱炉内の雰囲気温度を上昇させて、前記SOI基板の表面シリコン層を単結晶炭化シリコン薄膜に変成させる第1の工程と、前記第1の工程を過剰に行って炭素薄膜を前記単結晶炭化シリコン薄膜の上に堆積させる第2の工程と、前記混合ガスを所定の割合で酸素ガスが混合された不活性ガスで置換し、前記SOI基板を550以上に加熱して前記炭素薄膜をエッチングで除去する第3の工程と、前記酸素ガスが混合された不活性ガスを酸素ガスが混合されない純粋な不活性ガスで置換し、加熱炉内の雰囲気温度を所定の温度にまで上昇させる第4の工程と、前記所定の雰囲気温度を維持した状態で、水素ガスとシラン系ガスとを加熱炉内に供給して前記SOI基板の表面の単結晶炭化シリコン薄膜の上に新たな単結晶炭化シリコン薄膜を成長させる第5の工程とを備えた方法である。第5の工程のシラン系ガスとしては、例えば、メチルシランガスが用いられる。このメチルシランガスが分解されることによって生成されるシリコンと、単結晶炭化シリコン薄膜中の炭素とが反応することで、単結晶炭化シリコン薄膜の上にさらなる単結晶炭化シリコン薄膜が形成される。

10

## 【0018】

特許文献2に記載の方法は、基本的に特許文献1の方法と同じであるが、特許文献1の方法が加熱炉全体の雰囲気、抵抗加熱方式や誘導加熱方式で昇温させるのに対し、特許文献2の方法では、SOI基板の表面シリコン層に向けて赤外線照射し、照射部分のみを加熱し、これにより表面シリコン層を単結晶炭化シリコン薄膜に変成させるのに必要な温度に上昇させる等、加熱手段として赤外線を用いることを特徴とする方法である。いずれの方法で得られた絶縁層埋め込み型半導体炭化珪素基板でも、本発明の方法において使用することができる。

20

## 【0019】

本発明において用いられる絶縁層埋め込み型半導体炭化珪素基板において、炭化珪素としては六方晶(2H、4H、6H等)、菱面体晶(15R)等のアルファ炭化珪素、あるいは立法晶(3C)等のベータ炭化珪素等のいずれでも良いが、特に3C-SiCは、シリコンとプロセス互換性に優れているので好ましい。

## 【0020】

前記n型不純物層を形成するために炭化珪素表面層(SiC膜)にイオン注入されるn型不純物としては、窒素イオン、リンイオン、砒素イオン、アンチモンイオンの群から選ばれた1種のイオン、あるいは2種以上のイオンの混合物を用いることができるが、好ましいのは窒素イオンである。

30

## 【0021】

n型不純物層の厚さは、トランジスタ等のn型不純物層としてソース・ドレイン等の要素機能を果たすのに必要且つ十分な厚さであれば良く、特に制限はないが、好ましくは50nmから0.5μm程度の厚さが良い。

## 【0022】

前記n型不純物である窒素イオン等のイオンを注入するための装置としては、半導体中に注入する不純物原子をイオン化するイオンビーム発生装置と、イオンビームを加速する加速装置と、イオンビーム発生装置によって発生したイオンビームを集光し、イオン注入される試料(半導体基板)が保持された試料室に導き、試料面上でイオンビームを走査して試料面に不純物イオンを注入することができる手段と、試料を1400程度まで加熱保持できる装置とを有する、公知の高温イオン注入装置を用いることができる。

40

## 【0023】

前記イオン注入装置によって注入する窒素イオン等のイオンの加速電圧は、炭化珪素中に所望の深さのn型不純物層が形成できるだけの加速電圧で、通常20~400keVが用いられる。

## 【0024】

50

窒素イオン等のイオンの注入の後に行う熱処理工程は、イオンの注入において発生した格子欠陥を最大限に減少させるために行うもので、本発明においては、これを、好ましくは1200以上1410未満の温度範囲で、1分以上10分未満の時間範囲で行うものである。特に好ましくは、1300～1400の温度範囲で、5分から10分未満の時間範囲である。また、熱処理は、例えば、赤外線照射によって、昇温速度が10/秒以上の急速加熱の条件下で行うのが好ましい。

#### 【0025】

前記熱処理は真空中で行って良く、あるいは不活性雰囲気ガス中に行っても良い。不活性ガスとしては、高純度のアルゴンガスが好ましい。

#### 【実施例】

#### 【0026】

以下、実施例により本発明を具体的に説明する。熱処理後の表面炭化珪素層の抵抗率は、四深針抵抗測定法により測定した。

#### 【0027】

#### [実験]

市販のSOI基板の表面シリコンを薄層化し、その極薄シリコン層を炭化処理により炭化珪素層に変性し、その上に炭化珪素エピタキシャル膜を、CVD(化学気相成長)法により厚膜成長させ、膜厚100nmの3C-SiCを有する絶縁層埋め込み型炭化珪素基板を得た。炭化珪素基板の表面に、窒素イオンを、エネルギー10、20又は30keVにおいて、それぞれドーズ量1.2x、2.0x、又は3.2x10<sup>14</sup>/cm<sup>2</sup>注入した(エネルギーを変えて3回に分けてイオン注入を実施した)。その後、真空雰囲気中で100/秒の昇温速度で熱処理温度まで昇温し、所定の温度に保持して熱処理を実施した。熱処理温度は1050～1400で変化させ、保持時間1～60分で変化させた。熱処理後、表面炭化珪素層の抵抗率を測定し、その結果を図1に示した。

#### 【0028】

#### [結果]

図1は、表面炭化珪素層の抵抗率の熱処理温度依存性を示している。図1より、1050の熱処理(保持時間5～10分)では抵抗率が1cm前後であったが、1300以上の熱処理では30mcm程度に低下していることが分かる。このことは、絶縁層埋め込み型3C-SiC基板において、低抵抗のn型不純物層が形成されたことを示している。1400で30～60分の熱処理では、熱によるSiC膜自体の変質が起こり、良質のものが得られない。従って、熱処理は、1200以上1410未満の温度範囲で、1分以上10分未満が好ましいことも分かる。

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0029】

炭化珪素を用いた電子デバイスは、高温や高耐圧環境での用途が見込まれる。またポストシリコン材料の有力候補として、LSIデバイスの高性能化に向けて、絶縁層埋め込み型炭化珪素基板が電子デバイス材料として用いられることも期待される。従って、本発明によって得られた、n型不純物層を有する絶縁層埋め込み型半導体炭化珪素基板は、高性能炭化珪素デバイス作製に道を開くものであり、例えば、シリコンタイプに比較して電子移動度が大きく、高温、大電流に耐えるので、高性能ポストシリコン半導体、パワーデバイス、車搭載用半導体等として期待される。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0030】

【図1】本発明の炭化珪素基板の、表面炭化珪素層の抵抗率と熱処理温度の関係を示す図である。

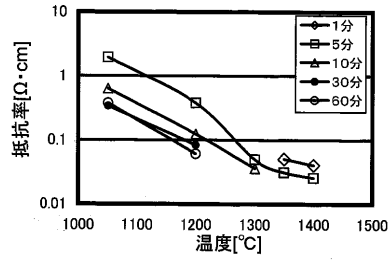
10

20

30

40

【図1】



---

フロントページの続き

審査官 境 周一

(56)参考文献 特開2007-123675(JP,A)  
特開平03-083332(JP,A)  
特開2006-332495(JP,A)  
特開2004-296558(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H01L 21/02 - 21/84  
H01L 27/12