

(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2006-124245

(P2006-124245A)

(43) 公開日 平成18年5月18日(2006.5.18)

(51) Int. Cl.

C30B 29/36 (2006.01)

F I

C30B 29/36

A

テーマコード(参考)

4G077

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2004-316458 (P2004-316458)  
(22) 出願日 平成16年10月29日 (2004.10.29)

(71) 出願人 599012835  
株式会社シクスオン  
京都府京都市右京区西院日照町27-1  
(71) 出願人 000156938  
関西電力株式会社  
大阪府大阪市北区中之島三丁目6番16号  
(71) 出願人 000002130  
住友電気工業株式会社  
大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号  
(71) 出願人 000005979  
三菱商事株式会社  
東京都千代田区丸の内2丁目6番3号  
(74) 代理人 100064746  
弁理士 深見 久郎

最終頁に続く

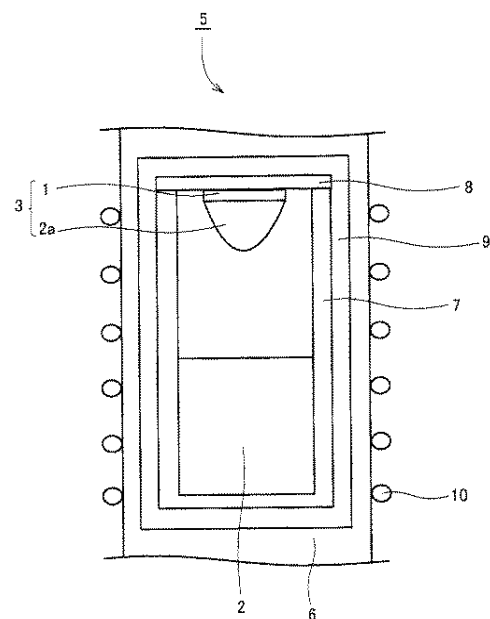
(54) 【発明の名称】 炭化珪素単結晶、炭化珪素基板および炭化珪素単結晶の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 高抵抗率を示すSiC単結晶とSiC基板を提供し、高抵抗率を示すSiC単結晶を安定して製造することができるSiC単結晶の製造方法を提供する。

【解決手段】 アクセプタとしての機能を有する第1ドーパントと、ドナーとしての機能を有する第2ドーパントとを含むSiC単結晶であって、第1ドーパントの含有量が $5 \times 10^{15}$ 個/cm<sup>3</sup>以上であり、第2ドーパントの含有量が $5 \times 10^{15}$ 個/cm<sup>3</sup>以上であって、第1ドーパントの含有量が第2ドーパントの含有量よりも多いSiC単結晶である。炭素と珪素とを含む材料中に金属ホウ化物を混合して原料を作製する工程と、原料を気化させる工程と、炭素と珪素とホウ素と窒素とを含む混合ガスを生成する工程と、混合ガスを種結晶基板の表面上で再結晶させてホウ素と窒素とを含む炭化珪素単結晶を種結晶基板の表面上に成長させる工程とを含む、炭化珪素単結晶の製造方法である。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

アクセプタとしての機能を有する第1ドーパントと、ドナーとしての機能を有する第2ドーパントと、を含む炭化珪素単結晶であって、前記第1ドーパントの含有量が $5 \times 10^{15}$ 個/ $\text{cm}^3$ 以上であり、前記第2ドーパントの含有量が $5 \times 10^{15}$ 個/ $\text{cm}^3$ 以上であって、前記第1ドーパントの含有量が前記第2ドーパントの含有量よりも多いことを特徴とする、炭化珪素単結晶。

## 【請求項2】

前記第1ドーパントの含有量が $1 \times 10^{16}$ 個/ $\text{cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{17}$ 個/ $\text{cm}^3$ 以下であることを特徴とする、請求項1に記載の炭化珪素単結晶。

## 【請求項3】

前記第2ドーパントの含有量が $1 \times 10^{16}$ 個/ $\text{cm}^3$ 以上であることを特徴とする、請求項1または2に記載の炭化珪素単結晶。

## 【請求項4】

前記第1ドーパントの含有量と前記第2ドーパントの含有量との差が $5 \times 10^{16}$ 個/ $\text{cm}^3$ 以下であることを特徴とする、請求項1から3のいずれかに記載の炭化珪素単結晶。

## 【請求項5】

前記第1ドーパントがホウ素であり、前記第2ドーパントが窒素であることを特徴とする、請求項1から4のいずれかに記載の炭化珪素単結晶。

## 【請求項6】

25°Cにおける抵抗率が $1 \times 10^4 \Omega \text{cm}$ 以上であることを特徴とする、請求項1から5のいずれかに記載の炭化珪素単結晶。

## 【請求項7】

25°Cにおける抵抗率が $1 \times 10^7 \Omega \text{cm}$ 以上であることを特徴とする、請求項1から6のいずれかに記載の炭化珪素単結晶。

## 【請求項8】

請求項1から7のいずれかに記載の炭化珪素単結晶からなる、炭化珪素基板。

## 【請求項9】

炭素と珪素とを含む材料中に金属ホウ化物を混合して原料を作製する工程と、前記原料を気化させる工程と、炭素と珪素とホウ素と窒素とを含む混合ガスを生成する工程と、前記混合ガスを種結晶基板の表面上で再結晶させてホウ素と窒素とを含む炭化珪素単結晶を前記種結晶基板の表面上に成長させる工程と、を含む、炭化珪素単結晶の製造方法。

## 【請求項10】

前記金属ホウ化物が、ホウ化チタン、ホウ化ジルコニウム、ホウ化ハフニウム、ホウ化タンタルおよびホウ化ニオブの群から選択された少なくとも1種類であることを特徴とする、請求項9に記載の炭化珪素単結晶の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、炭化珪素(SiC)単結晶、SiC基板およびSiC単結晶の製造方法に関し、特に高抵抗率を示すp型のSiC単結晶、SiC基板およびSiC単結晶の製造方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

SiCは、珪素(Si)に比べてバンドギャップが約3倍、絶縁破壊電圧が約10倍、電子飽和速度が約2倍、さらに熱伝導率が約3倍大きく、Siにない物性を有している。また、SiCは熱的かつ化学的に安定な半導体材料であり、これらの物性を生かして、近年ではSiデバイスの物理的な限界を打破するパワーデバイスや高温で動作する耐環境デバイスなどへの応用が期待されている。

## 【0003】

また、光デバイス研究においては短波長化を目指した窒化ガリウム(GaN)系の材料開発がなされているが、SiCはGaNに対する格子不整合が他の化合物半導体に比べて格段に小さいので、SiC基板はGaN層のエピタキシャル成長用の基板として注目されている。

**【0004】**

このようなエレクトロニクスの分野においては、使用目的に応じて基板の電気伝導特性を制御する必要があり、例えば、半導体レーザー用の基板としては低抵抗率の基板が必要とされ、高周波デバイス用の基板としては寄生容量低減および素子分離等の理由から、高抵抗率(半絶縁性)の基板が必要とされている。

**【0005】**

低抵抗率のSiC基板は、例えば、改良レーリー法において雰囲気ガスであるアルゴンガスに窒素ガスを混合することにより比較的容易に得ることができる。

**【0006】**

一方、高抵抗率のSiC基板は、例えば、特許文献1～3に記載されているバナジウムを含有させた高抵抗率のSiC単結晶を切断することによって製造される。このバナジウムを含有させた高抵抗率のSiC単結晶は、高純度のSiC結晶粉末中に高純度の金属バナジウムを添加し、金属バナジウムをSiCと共に昇華させてSiC単結晶中にバナジウムを含有させることによって製造される。

**【0007】**

しかしながら、金属バナジウムの昇華速度が大きいため、SiC単結晶の成長初期に多くのバナジウムがSiC単結晶中に取り込まれてしまい、SiC単結晶中に一様にバナジウムを含有させることができなかつた。また、成長初期において、SiC単結晶中に含有されるバナジウムの量が固溶限界を超えてしまい、析出物の発生を伴って結晶性を劣化させるため、この成長初期における結晶性の劣化がその後に成長するSiC単結晶にも悪影響を及ぼしていた。その結果、高抵抗率のSiC単結晶を安定して製造することができないという問題があつた。また、SiC単結晶を切断して得られるSiC基板の抵抗率にも大きなバラツキが生じてしまうという問題があつた。

**【0008】**

そこで、特許文献3においては、バナジウムを含有するSiC結晶を予め製造しておき、これを粉末状としたものを原料として改良レーリー法によりバナジウムを含有するSiC単結晶を再度成長させる方法が開示されている。しかしながら、この方法においては、バナジウムを含有するSiC結晶を予め製造する必要があるため、高抵抗率のSiC単結晶を効率的に製造することができないという問題があつた。

**【0009】**

また、上記したバナジウム添加ではなく、SiC単結晶の純度を向上させることによつても、高抵抗率のSiC基板を作製することができる。例えば、化学気相蒸着(CVD)法の延長である高温CVD法を用いて作製されたSiC単結晶は高純度になりやすい。しかしながら、高純度のSiC単結晶を得るためには、その成長プロセス(原料、成長装置等)も高純度化する必要があるが、成長プロセスを安定して高純度化し続けるのは、非常に困難であつた。

**【特許文献1】**米国特許5611955号明細書

**【特許文献2】**特表2003-500321号公報

**【特許文献3】**特開2003-104798号公報

**【発明の開示】**

**【発明が解決しようとする課題】**

**【0010】**

本発明の目的は、高抵抗率を示すSiC単結晶およびSiC基板を提供することにある。また、本発明の目的は、安定して高抵抗率を示すSiC単結晶を製造することができるSiC単結晶の製造方法を提供することにある。

**【課題を解決するための手段】**

## 【0011】

本発明は、アクセプタとしての機能を有する第1ドーパントと、ドナーとしての機能を有する第2ドーパントとを含むSiC単結晶であって、第1ドーパントの含有量が $5 \times 10^{15}$ 個/cm<sup>3</sup>以上であり、第2ドーパントの含有量が $5 \times 10^{15}$ 個/cm<sup>3</sup>以上であって、第1ドーパントの含有量が第2ドーパントの含有量よりも多いSiC単結晶である。

## 【0012】

ここで、本発明のSiC単結晶においては、第1ドーパントの含有量が $1 \times 10^{16}$ 個/cm<sup>3</sup>以上 $1 \times 10^{17}$ 個/cm<sup>3</sup>以下であることが好ましい。

## 【0013】

また、本発明のSiC単結晶においては、第2ドーパントの含有量が $1 \times 10^{16}$ 個/cm<sup>3</sup>以上であることが好ましい。

## 【0014】

また、本発明のSiC単結晶においては、第1ドーパントの含有量と第2ドーパントの含有量との差が $5 \times 10^{16}$ 個/cm<sup>3</sup>以下であることが好ましい。

## 【0015】

また、本発明のSiC単結晶においては、第1ドーパントがホウ素であり、第2ドーパントが窒素であることが好ましい。

## 【0016】

また、本発明のSiC単結晶においては、25℃における抵抗率が $1 \times 10^4 \Omega \text{cm}$ 以上であることが好ましい。

## 【0017】

また、本発明のSiC単結晶においては、25℃における抵抗率が $1 \times 10^7 \Omega \text{cm}$ 以上であることが好ましい。

## 【0018】

また、本発明は、上記に記載のSiC単結晶からなるSiC基板である。

## 【0019】

さらに、本発明は、炭素と珪素とを含む材料中に金属ホウ化物を混合して原料を作製する工程と、原料を気化させる工程と、炭素と珪素とホウ素と窒素とを含む混合ガスを生成する工程と、混合ガスを種結晶基板の表面上で再結晶させてホウ素と窒素とを含む炭化珪素単結晶を種結晶基板の表面上に成長させる工程とを含む、炭化珪素単結晶の製造方法である。

## 【0020】

ここで、本発明のSiC単結晶の製造方法においては、金属ホウ化物が、ホウ化チタン、ホウ化ジルコニウム、ホウ化ハフニウム、ホウ化タンタルおよびホウ化ニオブの群から選択された少なくとも1種類であることが好ましい。

## 【発明の効果】

## 【0021】

本発明によれば、高抵抗率を示すSiC単結晶およびSiC基板を提供することができる。また、本発明によれば、高抵抗率を示すSiC単結晶を安定して製造することができる。SiC単結晶の製造方法を提供することができる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0022】

本発明は、アクセプタとしての機能を有する第1ドーパントと、ドナーとしての機能を有する第2ドーパントとを含むSiC単結晶であって、第1ドーパントの含有量が $5 \times 10^{15}$ 個/cm<sup>3</sup>以上であり、第2ドーパントの含有量が $5 \times 10^{15}$ 個/cm<sup>3</sup>以上であって、第1ドーパントの含有量が第2ドーパントの含有量よりも多いSiC単結晶である。これは、本発明者が鋭意検討した結果、SiC単結晶中におけるアクセプタとしての機能を有する第1ドーパントとドナーとしての機能を有する第2ドーパントの含有量が共に $5 \times 10^{15}$ 個/cm<sup>3</sup>以上である場合には、第1ドーパントおよび第2ドーパントがSiC単結晶中に導入された電子を散乱させる傾向が大きくなることを見出し、また、アクセプ

タとしての機能を有する第1ドーパントの含有量をドナーとしての機能を有する第2ドーパントの含有量よりも多くしてドナーとしての機能を有する第2ドーパントをアクセプタとしての機能を有する第1ドーパントで補償してSiC単結晶中における電子の移動度を下げることによって純粋なp型SiC単結晶よりもさらに高抵抗率化したものである。

**【0023】**

ここで、SiC単結晶中における第1ドーパントの含有量は $1 \times 10^{16}$ 個/cm<sup>3</sup>以上 $1 \times 10^{17}$ 個/cm<sup>3</sup>以下であることが好ましい。第1ドーパントの含有量が $1 \times 10^{16}$ 個/cm<sup>3</sup>よりも少ない場合にはSiC単結晶中における第1ドーパントの含有量が少なすぎて第1ドーパントによる電子の散乱が不十分となってSiC単結晶がより高い抵抗率を示さない傾向にあり、 $1 \times 10^{17}$ 個/cm<sup>3</sup>よりも多い場合にはSiC単結晶の結晶性が悪化する傾向にあるためである。

**【0024】**

また、SiC単結晶中における第2ドーパントの含有量は $1 \times 10^{16}$ 個/cm<sup>3</sup>以上であることが好ましい。第2ドーパントの含有量が $1 \times 10^{16}$ 個/cm<sup>3</sup>よりも少ない場合にはSiC単結晶中における第2ドーパントの含有量が少なすぎて第2ドーパントによる電子の散乱が不十分となってSiC単結晶がより高い抵抗率を示さない傾向にあるためである。

**【0025】**

また、第1ドーパントの含有量と第2ドーパントの含有量との差が $5 \times 10^{16}$ 個/cm<sup>3</sup>以下であることが好ましい。第1ドーパントの含有量と第2ドーパントの含有量との差が $5 \times 10^{16}$ 個/cm<sup>3</sup>よりも大きい場合には、第1ドーパントと第2ドーパントとの補償によるキャリア数の減少が十分でなく、SiC単結晶の抵抗率が低くなる傾向にあるためである。

**【0026】**

ここで、アクセプタとしての機能を有する第1ドーパントとは、SiC単結晶中において電子受容体として機能するドーパントのことである。第1ドーパントとしては、例えばホウ素、アルミニウムまたはガリウム等があるが、なかでもホウ素が好ましい。ホウ素は深い準位を有するため、ホウ素を含むSiC単結晶は高抵抗率を示しやすいためである。

**【0027】**

また、ドナーとしての機能を有する第2ドーパントとは、SiC単結晶中において電子供与体として機能するドーパントのことである。第2ドーパントとしては、例えば窒素またはリン等があるが、なかでも窒素が好ましい。第2ドーパントとして窒素を用いた場合には、SiC単結晶の製造が容易になる傾向にあるためである。

**【0028】**

また、本発明のSiC単結晶の25℃における抵抗率は、 $1 \times 10^4 \Omega \text{cm}$ 以上であることが好ましく、 $1 \times 10^7 \Omega \text{cm}$ 以上であることがより好ましい。本発明のSiC単結晶の25℃における抵抗率が $1 \times 10^4 \Omega \text{cm}$ 以上である場合には絶縁性基板を必要とする半導体デバイスの基板に本発明のSiC単結晶を好適に利用することができる。また、25℃における抵抗率が $1 \times 10^7 \Omega \text{cm}$ 以上である場合には絶縁性基板を必要とする半導体デバイスの基板に本発明のSiC単結晶をさらに好適に利用することができる。

**【0029】**

このような本発明のSiC単結晶の製造方法の好ましい一例として、炭素と珪素とを含む材料中に金属ホウ化物を混合して原料を作製する工程と、原料を気化させる工程と、炭素と珪素とホウ素と窒素とを含む混合ガスを生成する工程と、混合ガスを種結晶基板の表面上で再結晶させてホウ素と窒素とを含むSiC単結晶を種結晶基板の表面上に成長させる工程とを含む製造方法がある。

**【0030】**

ここで、金属ホウ化物としては、ホウ化チタン、ホウ化ジルコニウム、ホウ化ハフニウム、ホウ化タンタル、ホウ化ニオブ、ホウ化アルミニウム、ホウ化イッテルビウム、ホウ化ウラン、ホウ化ガドリニウム、ホウ化カルシウム、ホウ化クロム、ホウ化珪素、ホウ化

コバルト、ホウ化ストロンチウム、ホウ化タングステン、ホウ化鉄、ホウ化銅、ホウ化トリウム、ホウ化ニッケル、ホウ化バリウム、ホウ化マグネシウム、ホウ化マンガン、ホウ化モリブデン、ホウ化バナジウムまたはホウ化セリウム等がある。

【0031】

なかでも、金属ホウ化物としては、ホウ化チタン、ホウ化ジルコニウム、ホウ化ハフニウム、ホウ化タンタルおよびホウ化ニオブの群から選択された少なくとも1種類が用いられることが好ましい。これらの金属ホウ化物は、ホウ素単体よりも蒸気圧が低いため、金属ホウ素を用いた場合と比べて、SiC単結晶の成長初期に多くのホウ素がSiC単結晶中に取り込まれることがなく、SiC単結晶中に様にホウ素を取り込むことができる傾向にあるためである。また、これらの金属ホウ化物中のホウ素は原子の大きさが炭素とあまり変わらないためホウ素はSiC単結晶中の炭素サイトに取り込まれやすくなる傾向にあるが、金属ホウ化物中の金属は珪素および炭素よりも大きな原子であるのでSiC単結晶中の珪素サイトおよび炭素サイトに取り込まれにくい傾向にあるためである。

【0032】

炭素と珪素とを含む材料中に金属ホウ化物が混合された原料を例えば2000℃以上2800℃以下に加熱して気化させた気化ガスに窒素ガスを混合して、炭素と珪素とホウ素と窒素とを含む混合ガスを生成する。ここで、混合ガス中におけるホウ素の含有量を混合ガス中における珪素の含有量の $2 \times 10^{-3} \text{ m o l} \%$ 以上とすることによって、SiC単結晶中におけるホウ素の含有量を $5 \times 10^{15} \text{ 個/cm}^3$ 以上とすることができる。また、混合ガス中における窒素の含有量を混合ガス中における珪素の $2 \times 10^{-3} \text{ m o l} \%$ 以上とすることによって、SiC単結晶中における窒素の含有量を $5 \times 10^{15} \text{ 個/cm}^3$ 以上とすることができる。そして、金属ホウ化物の混合量を調節することによって、混合ガス中におけるホウ素の含有量を混合ガス中における珪素の $4 \times 10^{-3} \text{ m o l} \%$ 以上 $4 \times 10^{-1} \text{ m o l} \%$ 以下とした場合には、SiC単結晶中におけるホウ素の含有量を $1 \times 10^{16} \text{ 個/cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{17} \text{ 個/cm}^3$ 以下とすることができる。また、窒素ガスの混合量を調節することによって、混合ガス中における窒素の含有量を混合ガス中における珪素の $4 \times 10^{-3} \text{ m o l} \%$ 以上とした場合には、SiC単結晶中における窒素の含有量を $1 \times 10^{16} \text{ 個/cm}^3$ 以上とすることができる。そして、金属ホウ化物の混合量と窒素ガスの混合量とを適宜調節することによって、SiC単結晶中におけるホウ素と窒素との含有量の差を $5 \times 10^{16} \text{ 個/cm}^3$ 以下とすることができる。

【0033】

そして、この混合ガスを種結晶基板の表面上で再結晶させることによって、種結晶基板の表面上にSiC単結晶を成長させて、本発明のSiC単結晶を製造することができる。

【0034】

このようにして製造されたSiC単結晶を切断することによって本発明のSiC基板を製造することができる。

【実施例】

【0035】

(実施例1)

図1に、本発明に用いられるSiC単結晶成長装置の模式的な断面図を示す。この成長装置5は、石英管6の内部に設置された黒鉛製の坩堝7と、坩堝7の上端開口部を閉鎖する蓋8と、坩堝7と蓋8の周囲に設置された熱シールドのための黒鉛製のフェルト9と、石英管6の外周を取り巻くように設置されたワークコイル10とを含む。そして、SiCからなる種結晶基板1が蓋8の下面中央に取り付けられており、原料2が坩堝7の内部に充填されている。

【0036】

原料2は、SiC結晶粉末にホウ化チタン( $\text{TiB}_2$ )を原料2中の珪素の物質質量に対して $2 \times 10^{-2} \text{ m o l} \%$ 混合することにより製造された。そして、坩堝7の内部の圧力が $10^{-5} \text{ Pa}$ になるまで一旦減圧した後アルゴン(Ar)ガスを導入し、坩堝7の内部を圧力 $1 \times 10^5 \text{ Pa}$ のArガス雰囲気とした。

## 【0037】

そして、ワークコイル10に高周波電流を流すことによって原料2を2200℃に加熱し、坩堝7の内部の圧力を $1.3 \times 10^3 \text{ Pa}$ まで減圧することによって原料2を気化させ、この気化ガスに窒素ガスを混合することによって混合ガスを得た。混合ガス中における窒素の含有量は混合ガス中における珪素の含有量の $2 \times 10^{-2} \text{ mol\%}$ であった。また、ワークコイル10による加熱は、原料2からSiC種結晶基板1にかけて次第に低温となるように温度勾配をつけて行なわれた。その後、混合ガスが、SiC種結晶基板1の表面上で再結晶することによりSiC単結晶2aが成長し、SiC単結晶インゴット3が得られた。

## 【0038】

このSiC単結晶インゴット3を400 $\mu\text{m}$ の厚さで切断して、口径2インチの図2に示す円板状のSiC基板4を製造した。そして、このSiC基板4中のホウ素と窒素の含有量をSIMS(2次イオン質量分析法)によって測定し、ホウ素の含有量と窒素の含有量の差を算出した。また、このSiC基板の抵抗率を測定した。これらの結果を表1に示す。表1に示すように、このSiC基板中のホウ素の含有量は $1 \times 10^{17} \text{ 個/cm}^3$ であって、窒素の含有量は $5 \times 10^{16} \text{ 個/cm}^3$ であった。また、ホウ素の含有量と窒素の含有量の差は $5 \times 10^{16} \text{ 個/cm}^3$ であった。さらに、SiC基板の抵抗率は $1 \times 10^5 \Omega \text{ cm}$ であった。

## 【0039】

## (実施例2)

混合ガス中における窒素の含有量を混合ガス中における珪素の含有量の $3.5 \times 10^{-2} \text{ mol\%}$ としたこと以外は実施例1と同様にしてSiC基板を製造した。そして、実施例1と同様にして、このSiC基板中のホウ素と窒素の含有量を測定し、ホウ素の含有量と窒素の含有量の差を算出した。また、このSiC基板の抵抗率を測定した。これらの結果を表1に示す。表1に示すように、このSiC基板中のホウ素の含有量は $1 \times 10^{17} \text{ 個/cm}^3$ であって、窒素の含有量は $8 \times 10^{16} \text{ 個/cm}^3$ であった。また、ホウ素の含有量と窒素の含有量の差は $2 \times 10^{16} \text{ 個/cm}^3$ であった。さらに、このSiC基板の抵抗率は $1 \times 10^6 \Omega \text{ cm}$ であった。

## 【0040】

## (実施例3)

TiB<sub>2</sub>を図1に示す原料2中の珪素の物質質量に対して $0.4 \times 10^{-2} \text{ mol\%}$ 混合し、混合ガス中における窒素の含有量を混合ガス中における珪素の含有量の $0.4 \times 10^{-2} \text{ mol\%}$ としたこと以外は実施例1と同様にしてSiC基板を製造した。そして、実施例1と同様にして、このSiC基板中のホウ素と窒素の含有量を測定し、ホウ素の含有量と窒素の含有量の差を算出した。また、このSiC基板の抵抗率を測定した。これらの結果を表1に示す。表1に示すように、このSiC基板中のホウ素の含有量は $2 \times 10^{16} \text{ 個/cm}^3$ であって、窒素の含有量は $1 \times 10^{16} \text{ 個/cm}^3$ であった。また、ホウ素の含有量と窒素の含有量の差は $1 \times 10^{16} \text{ 個/cm}^3$ であった。さらに、このSiC基板の抵抗率は $1 \times 10^7 \Omega \text{ cm}$ であった。

## 【0041】

## (実施例4)

TiB<sub>2</sub>を図1に示す原料2中の珪素の物質質量に対して $2 \times 10^{-3} \text{ mol\%}$ 混合し、混合ガス中における窒素の含有量を混合ガス中における珪素の含有量の $2 \times 10^{-3} \text{ mol\%}$ としたこと以外は実施例1と同様にしてSiC基板を製造した。そして、実施例1と同様にして、このSiC基板中のホウ素と窒素の含有量を測定し、ホウ素の含有量と窒素の含有量の差を算出した。また、このSiC基板の抵抗率を測定した。これらの結果を表1に示す。表1に示すように、このSiC基板中のホウ素の含有量は $1 \times 10^{16} \text{ 個/cm}^3$ であって、窒素の含有量は $5 \times 10^{15} \text{ 個/cm}^3$ であった。また、ホウ素の含有量と窒素の含有量の差は $5 \times 10^{15} \text{ 個/cm}^3$ であった。さらに、このSiC基板の抵抗率は $1 \times 10^7 \Omega \text{ cm}$ であった。

【0042】

(実施例5)

TiB<sub>2</sub>を図1に示す原料2中の珪素の物質質量に対して $1.9 \times 10^{-3} \text{mol} \%$ 混合し、混合ガス中における窒素の含有量を混合ガス中における珪素の含有量の $2 \times 10^{-3} \text{mol} \%$ としたこと以外は実施例1と同様にしてSiC基板を製造した。そして、実施例1と同様にして、このSiC基板中のホウ素と窒素の含有量を測定し、ホウ素の含有量と窒素の含有量の差を算出した。また、このSiC基板の抵抗率を測定した。これらの結果を表1に示す。表1に示すように、このSiC基板中のホウ素の含有量は $9.5 \times 10^{15} \text{個}/\text{cm}^3$ であって、窒素の含有量は $5 \times 10^{15} \text{個}/\text{cm}^3$ であった。また、ホウ素の含有量と窒素の含有量の差は $4.5 \times 10^{15} \text{個}/\text{cm}^3$ であった。さらに、このSiC基板の抵抗率は $5 \times 10^9 \Omega \text{cm}$ であった。

【0043】

(実施例6)

TiB<sub>2</sub>を図1に示す原料2中の珪素の物質質量に対して $1.02 \times 10^{-3} \text{mol} \%$ 混合し、混合ガス中における窒素の含有量を混合ガス中における珪素の含有量の $2 \times 10^{-3} \text{mol} \%$ としたこと以外は実施例1と同様にしてSiC基板を製造した。そして、実施例1と同様にして、このSiC基板中のホウ素と窒素の含有量を測定し、ホウ素の含有量と窒素の含有量の差を算出した。また、このSiC基板の抵抗率を測定した。これらの結果を表1に示す。表1に示すように、このSiC基板中のホウ素の含有量は $5.1 \times 10^{15} \text{個}/\text{cm}^3$ であって、窒素の含有量は $5.0 \times 10^{15} \text{個}/\text{cm}^3$ であった。また、ホウ素の含有量と窒素の含有量の差は $1.0 \times 10^{14} \text{個}/\text{cm}^3$ であった。さらに、このSiC基板の抵抗率は $1.0 \times 10^{11} \Omega \text{cm}$ であった。

【0044】

(実施例7)

TiB<sub>2</sub>を図1に示す原料2中の珪素の物質質量に対して $2 \times 10^{-2} \text{mol} \%$ 混合し、混合ガス中における窒素の含有量を混合ガス中における珪素の含有量の $1.6 \times 10^{-2} \text{mol} \%$ としたこと以外は実施例1と同様にしてSiC基板を製造した。そして、実施例1と同様にして、このSiC基板中のホウ素と窒素の含有量を測定し、ホウ素の含有量と窒素の含有量の差を算出した。また、このSiC基板の抵抗率を測定した。これらの結果を表1に示す。表1に示すように、このSiC基板中のホウ素の含有量は $1 \times 10^{17} \text{個}/\text{cm}^3$ であって、窒素の含有量は $4 \times 10^{16} \text{個}/\text{cm}^3$ であった。また、ホウ素の含有量と窒素の含有量の差は $6 \times 10^{16} \text{個}/\text{cm}^3$ であった。さらに、このSiC基板の抵抗率は $1.1 \times 10^2 \Omega \text{cm}$ であった。

【0045】

(比較例1)

TiB<sub>2</sub>を図1に示す原料2中の珪素の物質質量に対して $0.98 \times 10^{-3} \text{mol} \%$ 混合し、混合ガス中における窒素の含有量を混合ガス中における珪素の含有量の $1 \times 10^{-3} \text{mol} \%$ としたこと以外は実施例1と同様にしてSiC基板を製造した。そして、実施例1と同様にして、このSiC基板中のホウ素と窒素の含有量を測定し、ホウ素の含有量と窒素の含有量の差を算出した。また、このSiC基板の抵抗率を測定した。これらの結果を表1に示す。表1に示すように、このSiC基板中のホウ素の含有量は $4.9 \times 10^{15} \text{個}/\text{cm}^3$ であって、窒素の含有量は $2.5 \times 10^{15} \text{個}/\text{cm}^3$ であった。また、ホウ素の含有量と窒素の含有量の差は $2.4 \times 10^{15} \text{個}/\text{cm}^3$ であった。さらに、このSiC基板の抵抗率は $1 \times 10^4 \Omega \text{cm}$ であった。

【0046】

(比較例2)

TiB<sub>2</sub>を図1に示す原料2中の珪素の物質質量に対して $2 \times 10^{-3} \text{mol} \%$ 混合し、混合ガス中における窒素の含有量を混合ガス中における珪素の含有量の $1 \times 10^{-2} \text{mol} \%$ としたこと以外は実施例1と同様にしてSiC基板を製造した。そして、実施例1と同様にして、このSiC基板中のホウ素と窒素の含有量を測定し、ホウ素の含有量と窒素の含



有量の差を算出した。また、このSiC基板の抵抗率を測定した。これらの結果を表1に示す。表1に示すように、このSiC基板中のホウ素の含有量は $1 \times 10^{16}$ 個/cm<sup>3</sup>であって、窒素の含有量は $2.5 \times 10^{16}$ 個/cm<sup>3</sup>であった。また、ホウ素の含有量と窒素の含有量の差は $-1.5 \times 10^{16}$ 個/cm<sup>3</sup>であった。さらに、このSiC基板の抵抗率は $1 \times 10^{-1} \Omega \text{cm}$ であった。

【0047】

【表1】

	SiC単結晶			SiC基板
	ホウ素の含有量(1) (個/cm <sup>3</sup> )	窒素の含有量(2) (個/cm <sup>3</sup> )	(1)-(2) (個/cm <sup>3</sup> )	抵抗率 ( $\Omega \text{cm}$ )
実施例1	$1 \times 10^{17}$	$5 \times 10^{16}$	$5 \times 10^{16}$	$1 \times 10^5$
実施例2	$1 \times 10^{17}$	$8 \times 10^{16}$	$2 \times 10^{16}$	$1 \times 10^6$
実施例3	$2 \times 10^{16}$	$1 \times 10^{16}$	$1 \times 10^{16}$	$1 \times 10^7$
実施例4	$1 \times 10^{16}$	$5 \times 10^{15}$	$5 \times 10^{15}$	$1 \times 10^7$
実施例5	$9.5 \times 10^{15}$	$5 \times 10^{15}$	$4.5 \times 10^{15}$	$5 \times 10^9$
実施例6	$5.1 \times 10^{15}$	$5 \times 10^{15}$	$1 \times 10^{14}$	$1 \times 10^{11}$
実施例7	$1 \times 10^{17}$	$4 \times 10^{16}$	$6 \times 10^{16}$	$1.1 \times 10^2$
比較例1	$4.9 \times 10^{15}$	$2.5 \times 10^{15}$	$2.4 \times 10^{15}$	$1 \times 10^4$
比較例2	$1 \times 10^{16}$	$2.5 \times 10^{16}$	$1.5 \times 10^{16}$	$1 \times 10^{-1}$

【0048】

表1に示すように、ホウ素の含有量が $5 \times 10^{15}$ 個/cm<sup>3</sup>以上であり、窒素の含有量が $5 \times 10^{15}$ 個/cm<sup>3</sup>以上であって、ホウ素の含有量が窒素の含有量よりも多い実施例1～7のSiC基板は、ホウ素の含有量と窒素の含有量がいずれも $5 \times 10^{15}$ 個/cm<sup>3</sup>未満である比較例1のSiC基板、ならびにホウ素の含有量が窒素の含有量よりも少ない比較例2のSiC基板よりもかなり大きい抵抗率を示した。

【0049】

また、表1に示すように、ホウ素の含有量と窒素の含有量の差が $5 \times 10^{16}$ 個/cm<sup>3</sup>以下である実施例1～6のSiC基板は、その差が $4 \times 10^{16}$ 個/cm<sup>3</sup>である実施例7のSiC基板よりもかなり大きい抵抗率を示した。

【0050】

また、表1に示すように、実施例1～7のSiC基板においては、ホウ素の含有量と窒素の含有量の差が小さくなるほどSiC基板は高抵抗率を示す傾向にあった。

【0051】

なお、上記実施例においては金属ホウ化物としてTiB<sub>2</sub>を用いたが、TiB<sub>2</sub>以外の金属ホウ化物を用いても上記実施例と同様の効果が得られることは言うまでもない。

【0052】

今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【産業上の利用可能性】

【0053】

上述したように本発明によれば、高抵抗率を示すp型のSiC単結晶およびSiC基板を安定して得ることができる。したがって、本発明は半導体デバイス分野における高周波デバイス、特に、動作周波数の高いスイッチング素子に好適に利用される。

【図面の簡単な説明】

【0054】

【図1】本発明に用いられるSiC単結晶成長装置の好ましい一例の模式的な断面図であ

る。

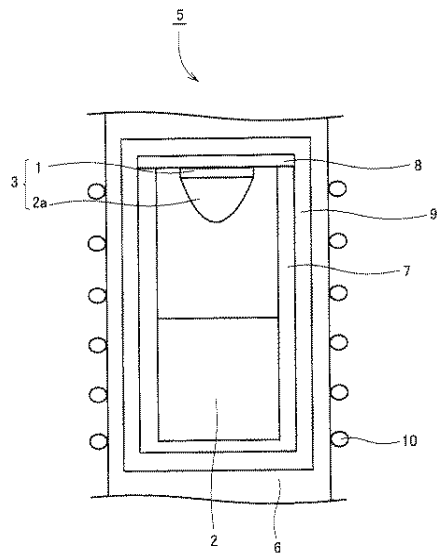
【図2】本発明のSiC基板の好ましい一例の模式的な斜視図である。

【符号の説明】

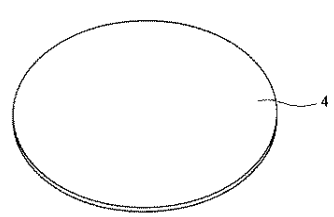
【0055】

1 種結晶基板、2 原料、2a SiC単結晶、3 SiC単結晶インゴット、4 SiC基板、5 成長装置、6 石英管、7 坩堝、8 蓋、9 フェルト、10 ワークコイル。

【図1】



【図2】



- (74)代理人 100085132  
弁理士 森田 俊雄
- (74)代理人 100083703  
弁理士 仲村 義平
- (74)代理人 100096781  
弁理士 堀井 豊
- (74)代理人 100098316  
弁理士 野田 久登
- (74)代理人 100109162  
弁理士 酒井 將行
- (72)発明者 塩見 弘  
京都府京都市右京区梅津高畝町4-7 株式会社シクスオン内
- (72)発明者 木下 博之  
京都府京都市右京区梅津高畝町4-7 株式会社シクスオン内
- Fターム(参考) 4G077 AA02 AB01 AB06 BE08 DA18 EB01 EC02 EC07 HA12 SA01