

## 1. (US20060091402) Silicon carbide single crystal, silicon carbide substrate and manufacturing method for silicon ca

National Biblio. Data	Description	Claims	Compounds	Drawings	Documents
-----------------------	-------------	--------	-----------	----------	-----------

**Note:** Text based on automatic Optical Character Recognition processes. Please use the PDF version for legal matters

この非発明は、日本国特許事務所に10月29日出願された特願2004-316458号に基づき、全体の内容は参照により本明細書に援用される

## 本発明の背景

## 1. 技術分野本発明は、画像処理装置に関する

本発明は、炭化ケイ素(SiC)単結晶、sic基板及びsic単結晶の製造方法に関する、特に高い抵抗率を有するp型sic単結晶を提供することを目的とする、sic基板及びsic単結晶の製造方法を提供する

## 2. 背景技術従来技術の説明は、以下の通りである

Sicは、シリコン(Si)の約3倍大きいバンドギャップを有する、siよりも約10倍高い絶縁破壊電圧を有することを特徴とする、電子飽和速度は、siの電子飽和速度よりも約2倍大きい、siの熱伝導率よりも約3倍大きい熱伝導率を有し、siが有しない性質を有する。また、sicは熱的かつ化学的に安定な半導体材料である、これらの特性に基づいて、そして、近年では、これらの特性に基づいて、siデバイスの物理的限界を超えるパワーデバイスに適用することが期待されている、高温で動作する耐環境装置にも適用可能である

さらに、光学装置に関する研究では、窒化ガリウム(GaN)系材料が開発されており、これは、より短波長を意図して開発されている、sicではganとの格子ミスマッチが他の化合物半導体と比べて格段に小さいため、ganとの格子ミスマッチが極めて小さい、gan層をエピタキシャル成長させるための基板として、sic基板が注目されている

この電子機器の分野では、電子伝導特性を制御する必要がある使用目的に応じた基板、例えば、基板を使用することができる、半導体レーザ用基板としては、抵抗率の低い基板が必要である、高周波デバイス用基板として高い抵抗率(半絶縁性)を有する基板を必要とする。低減することができ、寄生容量を低減することができ、素子分離を得ることができる

例えば、抵抗率の低いsic基板を比較的容易に得ることができる、大気ガスであるアルゴンガスと窒素ガスとを混合することにより、改善されたレイリ一法を実現する

一方、sicを切断することにより、抵抗率の高いsic基板を製造することができるバナジウムを含む単結晶であって、高抵抗率を有する単結晶と、を含有することを特徴とする、例えば、米国特許第5,611,955号、国際公開第2003-500321号、特開2003-104798号等に記載されている高純度のsic結晶粉末に高純度の金属バナジウムを添加することにより、高抵抗のバナジウム含有sic単結晶を製造することができる、sicと共に金属バナジウムを昇華させることにより、sic単結晶中にバナジウムを含有させることを特徴とする

しかしながら、金属バナジウムの昇華速度は高いため、そのためには高い、sic単結晶の成長初期段階では、sic単結晶により多量のバナジウムが取り込まれる、これにより、sic単結晶中にバナジウムを均一に含有させることができないに加えて、成長初期段階では、sic単結晶に含まれるバナジウムの量が溶解限度を超え、この時点でsic単結晶に含まれるバナジウムの量が溶解限度を超える、堆積が生じ、結晶性が低下するため、結晶性が悪化する、成長初期における結晶性の低下は、後に成長するsic単結晶に悪影響を及ぼす。これにより、抵抗率の高い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生じる。また、問題が生じる、sic単結晶を切断して得られるsic基板の抵抗率に大きなばらつきが生じる

この問題を解決する手段として、特許文献には、予めバナジウムを含むsic結晶を製造する方法が開示されている、次いでそれを粉末形態に変換する、改善されたレイリ一法に従って、この原料からバナジウムを含有するsic単結晶を再成長させることを含む。しかし、この方法によれば、予めバナジウムを含むsic結晶を製造する必要がある、抵抗率の高い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った

また、抵抗率の高いsic基板を作製することができるで表される上記のようにバナジウムを添加する代わりに、sic単結晶の純度を高めることである。高温cvd法により製造されたsic単結晶、例えば、特殊化学気相成長(CVD)法であり、高純度である傾向がある高純度のsic単結晶を得るためには、成長過程(原料中にこの高純度を保存する必要がある、成長中に安定して高い純度を維持することは非常に困難である

## 本発明の概要

本発明の目的は、高い抵抗率を有するsic単結晶及びsic基板を提供することにある。また、本発明の目的は、製造方法を提供することにある高抵抗率の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

本発明は、アクセプタとして機能する第1のドーパントと、ドナーとして機能する第2のドーパントとを含むsic単結晶を提供する、前記第1のドーパントの含有量が $5 \times 10^{15}$ atoms/cm<sup>3</sup>以上であることを特徴とする、第2のドーパントの含有量は、 $5 \times 10^{15}$ atoms/cm<sup>3</sup>以上である、前記第1のドーパントの含有量は、前記第2のドーパントの含有量よりも大きいことを特徴とする

ここで、本発明のsic単結晶は、本発明のsic単結晶において好ましい、第1ドーパントの含有量が $1 \times 10^{16}$ atoms/cm<sup>3</sup>以上 $1 \times 10^{17}$ atoms/cm<sup>3</sup>以下であることを特徴とする

また、本発明のsic単結晶は、本発明のsic単結晶において好ましい、第2ドーパントの含有量が $1 \times 10^{16}$ atoms/cm<sup>3</sup>以上であることを特徴とする

また、本発明のsic単結晶は、本発明のsic単結晶において好ましい、と、前記第1のドーパントの含有量と前記第2のドーパントの含有量との差が $5 \times 10^{16}$ atoms/cm<sup>3</sup>以下であることを特徴とする

また、本発明のsic単結晶は、本発明のsic単結晶において好ましい、第1のドーパントがホウ素であり、第2のドーパントが窒素であることを特徴とする

また、本発明のsic単結晶は、本発明のsic単結晶において好ましい、25℃における抵抗率が $1 \times 10^4$ wcm以上であることを特徴とする

また、本発明のsic単結晶は、本発明のsic単結晶において好ましい、25℃における抵抗率が $1 \times 10^7$ wcm以上であることを特徴とする

また、本発明は、上述したように、sic単結晶からなるsic基板を提供する

また、本発明は、前記工程を含む炭化珪素単結晶の製造方法を提供する：金属ホウ化物と炭素およびケイ素を含む材料とを混合して原料を作製する工程と、を含むことを特徴とする；原料を気化させる工程と、炭素、ケイ素、ホウ素および窒素を含む混合ガスを生成する工程と、を含む表面に混合ガスを再結晶化させることにより、種結晶基板の表面にホウ素と窒素を含む炭化珪素単結晶を成長させることを特徴とする

ここで、本発明のsic単結晶の製造方法は、本発明のsic単結晶の製造方法において、前記金属ホウ化物は、ホウ化チタンの群から選択される少なくとも1種の物質であることを特徴とする、ホウ化ジルコニウム、ホウ化ハフニウム、ホウ化タンタル、及びホウ化ニオブである

本発明は、sic単結晶及び高抵抗率のsic基板を提供することができる。また、本発明は、sicの製造方法を提供することができる高抵抗率のsic単結晶を安定して製造することができる単結晶を提供する

上記および他の目的、特徴、発明を実施するための最良の形態以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する

## 図面の簡単な説明

図(1)は、好ましい例を示す模式的な断面図である本発明に用いられるsic単結晶育成装置

図(2)本発明のsic基板の好適な一例を示す模式的斜視図である

## 好ましい実施形態の説明

本発明は、アクセプタとして機能する第1のドーパントと、ドナーとして機能する第2のドーパントとを含むsic単結晶を提供する、前記第1のドーパントの含有量が $5 \times 10^5$ 原子/cm<sup>3</sup>以上であることを特徴とする、第2のドーパントの含有量は、 $5 \times 10^{15}$ atoms/cm<sup>3</sup>以上である、前記第1のドーパントの含有量は、前記第2のドーパントの含有量よりも大きいことを特徴とする。これは、純粋なp型sic単結晶よりも高い抵抗率を有するsic単結晶である。本発明者による鋭意検討の結果得られた、アクセプタとして機能する第1のドーパントの含有量とドナーとして機能する第2のドーパントの含有量が、sic単結晶において $5 \times 10^{15}$ atoms/cm<sup>3</sup>以上であることが判明した。には、第1のドーパント及び第2のドーパントの傾向が大きい前記sic単結晶散乱体へ導入された電子を散乱させる第2のドーパントと、前記第2のドーパントと前記第2のドーパントとの間に配置され、アクセプタとして機能する第1のドーパントの含有量は、ドナーとして機能する第2のドーパントの含有量よりも大きくされ、ドナーとして機能する第2のドーパントが、アクセプタとして機能する第1のドーパントで補償される。であるので、sic単結晶における電子の移動度が低下する。

ここで、sic単結晶中の第1のドーパントの含有量は、0.1以上であることが好ましい $1 \times 10^{16}$ atoms/cm<sup>3</sup>以上 $1 \times 10^{17}$ atoms/cm<sup>3</sup>以下であることを特徴とする。前記第1のドーパントの含有量が $1 \times 10^{16}$ atoms/cm<sup>3</sup>未満である場合には、前記第1のドーパントの含有量が $1 \times 10^{16}$ atoms/cm<sup>3</sup>未満であることを特徴とする、sic単結晶中の第1のドーパントの含有量は小さすぎる、第1のドーパントによる電子の飛散が不十分となり、sic単結晶の抵抗率が高くなる傾向がある。第1のドーパントの含有量が $1 \times 10^{17}$ atoms/cm<sup>3</sup>以上である場合には、第1のドーパントの含有量が $1 \times 10^{17}$ atoms/cm<sup>3</sup>より大きい場合には、第1のドーパントの含有量が $1 \times 10^{10}$ 、sic単結晶の結晶性が低下する傾向がある。

また、前記第2のドーパントの含有量は、前記第2のドーパントの含有量が、前記第2のドーパントの含有量が、前記第2のドーパントの含有量が、sic単結晶が $1 \times 10^{16}$ 原子/cm<sup>3</sup>以上であることを特徴とするsic単結晶。第2のドーパントの含有量が $1 \times 10^{16}$ atoms/cm<sup>3</sup>未満である場合には、第2のドーパントの含有量が $1 \times 10^{16}$ atoms/cm<sup>3</sup>未満である、sic単結晶中の第2のドーパントの含有量が小さすぎる、第2のドーパントによる電子の飛散が不十分となり、sic単結晶の抵抗率が高くなる傾向がある。

また、前記第1のドーパントの含有量と前記第1のドーパントの含有量との差が、前記第1のドーパントの含有量と前記第2のドーパントの含有量との差が、前記第2のドーパントの含有量が $5 \times 10^{16}$ atoms/cm<sup>3</sup>以下であることを特徴とする。第1のドーパントの含有量と第2のドーパントの含有量との差が $5 \times 10^{16}$ atoms/cm<sup>3</sup>より大きい場合には、第1のドーパントの含有量と第2のドーパントの含有量との差が $5 \times 10^{16}$ atoms/cm<sup>3</sup>以上である場合に、第1のドーパントと第2のドーパントとの間の補償によるキャリア数の減少は十分でないであり、sic単結晶の抵抗率が低くなる傾向がある。

ここで、アクセプタとして機能する第1のドーパントは、sic単結晶における電子受容体として機能するドーパントである。第1のドーパントとしては、例えば、ホウ素、アルミニウム、ガリウムが挙げられ、特に、ホウ素が好ましい。これは、ホウ素が深いレベルを有し、ホウ素を含むsic単結晶が高い抵抗率を有する傾向があるからである。

また、ドナーとして機能する第2のドーパントは、sic単結晶における電子供与体として機能するドーパントである。第2のドーパントとしては、例えば窒素およびリンが挙げられ、特に窒素が好ましい。これは、第2のドーパントとして窒素を用いる場合である、sic単結晶の製造が容易になる傾向にある。

また、sic単結晶の抵抗率が好ましい $1 \times 10^4$ Ωcm以上であることを特徴とする、 $1 \times 10^7$ Ωcm以上であることがより好ましい、25℃におけるsic単結晶の抵抗率が、 $1 \times 10^4$ Ωcm以上であることを特徴とする。本発明のsic単結晶は、絶縁基板を必要とする半導体装置用基板として好適である。また、25℃における抵抗率が $1 \times 10^7$ Ωcm以上である、本発明のsic単結晶は、絶縁性基材を必要とする半導体装置用基板として使用するのに適している。である。

このような本発明のsic単結晶の製造方法の好適な例として、本発明のsic単結晶の製造方法が提供される。本発明の製造方法は、金属ホウ化物と炭素およびケイ素を含む材料とを混合して原料を製作する工程と、を含むことを特徴とする；原料を気化させる工程と、炭素、ケイ素、ホウ素および窒素を含む混合ガスを生成する工程と、を含む種結晶基板の表面に混合ガスを再結晶化させることにより、種結晶基板の表面にホウ素と窒素を含むsic単結晶を成長させることを特徴とする。

ここで、金属ホウ化物は、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、ホウ化ニオブを含む、ホウ化アルミニウム、ホウ化インテルビウム、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、ホウ化ケイ素、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、ホウ化バナジウムおよびホウ化セリウム。

特に、ホウ化チタン群から選択される少なくとも1種の物質を用いることが好ましい、ホウ化ジルコニウム、ホウ化ハフニウム、ホウ化タンタル、及びホウ化ニオブを金属ホウ化物として含むことを特徴とする。これは、これらの金属ホウ化物が単一のホウ素よりも低い蒸気圧を有するからである。では、sic単結晶の成長初期段階では、sic単結晶に大量のホウ素が取り込まれない、金属ホウ素を用いた場合と異なり、sic単結晶によりホウ素を均一に取り込むことができる。また、これらの金属ホウ化物におけるホウ素の原子の寸法は、炭素の原子の大きさとは異なるものではない、sic単結晶中の炭素サイトにホウ素が取り込まれる傾向がある、金属ホウ化物中の金属は、ケイ素および炭素の原子よりも大きい原子を有し、したがって、金属ホウ化物中の金属は、ケイ素および炭素の原子よりも大きい原子を有する、金属ホウ化物中の金属は、sic単結晶中のシリコンサイトや炭素サイトに取り込まれない傾向がある。である。

金属ホウ化物が炭素およびケイ素を含む材料と混合された原料を、温度に加熱する、例えば、2000℃以上2800℃以下である、窒素ガスが混合された蒸気ガスに気化されるように構成されている、炭素、ケイ素、ホウ素、窒素を含む混合ガスを生成する。ここで、混合ガス中のホウ素の含有量は、0以上とする(2)×10<sup>-3</sup>モル%であり、混合ガス中のケイ素の含有量が10<sup>-3</sup>モル%であることを特徴とする、これにより、sic単結晶中のホウ素の含有量を低減することができる。5×10<sup>15</sup>atoms/cm<sup>3</sup>以上とする。前記混合ガス中の窒素の含有量が、前記混合ガス中の窒素の含有量が、前記混合ガス中の窒素の含有量よりも少なくするようにする(2)×10<sup>-3</sup>モル%であり、混合ガス中のケイ素の含有量が10<sup>-3</sup>モル%であることを特徴とする、これにより、sic単結晶中の窒素の含有量を低減することができる。5×10<sup>15</sup>atoms/cm<sup>3</sup>以上とする。前記混合ガス中のホウ素の含有量が前記混合ガス中のホウ素の含有量である場合には、前記混合ガス中のホウ素の含有量が前記混合ガス中のホウ素の含有量よりも大きい場合には、 $4 \times 10^{-3}$ モル%以上とされてい金属ホウ化物の混合量を調整することにより、混合ガス中のケイ素の4×10<sup>-1</sup>モル%以下のケイ素を含有すること、sic単結晶中のホウ素の含有量を $1 \times 10^{16}$ atoms/cm<sup>3</sup>以上 $1 \times 10^{17}$ atoms/cm<sup>3</sup>以下とすることができる。前記混合ガス中の窒素の含有量が4以上である場合には、前記混合ガス中の窒素の含有量を4以上とすることを特徴とする。10<sup>-3</sup>モル%の窒素ガスを混合し、窒素ガスの混合量を調整することにより、混合ガス中のケイ素を10<sup>-3</sup>モル%含有する、sic単結晶中の窒素の含有量を $1 \times 10^{16}$ 原子/cm<sup>3</sup>以上とすることができる。このようにして、sic中のホウ素と窒素との間の含量の違いが生じる単結晶を $5 \times 10^{16}$ atoms/cm<sup>3</sup>以下とすることができる、金属ホウ化物と窒素ガスの混合量との混合量を適宜調整することにより、金属ホウ化物と窒素ガスとの混合量を適切に調整することができる。

これにより、この混合ガスを種結晶基板の表面に再結晶化させることにより、この混合ガスを種結晶基板の表面に再結晶化させることができる、種結晶基板の表面にsic単結晶を成長させる、本発明のsic単結晶を製造することができる。

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

## 実施例

## 実施例(1)

図(1)は、本発明に用いられるsic単結晶育成装置を示す概略断面図である。育成装置(5)は、水晶管(6)の内部に設置されたグラファイト製のルツボ(7)を備える、ルツボ(7)の上端部の開口を塞ぐ蓋(8)と、を備え、蓋(8)は、ルツボ(7)の上端部の開口部を閉塞する蓋(8)を備えている。るつぼ(7)と蓋(8)との間に設置された遮熱用グラファイトからなるフェルト(9)とを備えている。と、水晶管(6)の外周を周回するように設置された作業コイル(10)と、を備えている、蓋(8)の下面中央には、sicからなる種結晶基板(1)が取り付けられている。前記ルツボ7内に原料(2)が充填されていることを特徴とする。

2×10<sup>-2</sup>モル%のホウ化チタン(TiB<sub>2</sub>)を混合して原料(2)を製造した)原料(2)におけるシリコンの物質質量に対して、sic結晶粉末を用いて、原料(2)におけるケイ素の物質質量に対して、。また、るつぼ7内の圧力を10-5paに一旦低下させ、その後、アルゴン(Ar)を供給した)ガスを導入し、るつぼ7内にArガス雰囲気圧を充填した、1×105paの圧力下で、

そして、作業コイル(10)に高周波電流を流す、原料(2)を2200℃に加熱するように構成されている、ルツボ7内の圧力を1.3×103paまで低下させた、原料(2)を気化させ、この気化ガスを窒素ガスと混合して混合ガスを得ようとした。混合ガス中の窒素の含有量は、混合ガス中のケイ素の含有量の2×10<sup>-2</sup>モル%であった。また、作業コイル(10)により加熱を行った、温度が原料(2)からsic種結晶基板(1)に徐々に低下するような温度勾配で形成された後、この混合ガスをsic種結晶基板(1)の表面に再結晶化させることにより、sic種結晶基板(1)の表面に混合ガスを再結晶化させることにより、sic単結晶(2a)が成長し、sic単結晶インゴット(3)が得られた。

このsic単結晶インゴット(3)を厚さ400μmのスライスに切断した、図(2)に示すように、直径2インチの円盤状のsic基板(4)を製作した。そして、このsic基板(4)におけるホウ素と窒素の含有量をsim(ssecondaryionmassspectrometry)より測定した)を算出し、ホウ素と窒素と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。表(1)に示すように、結果を表(1)に示す、このsic基板中のホウ素の含有量は、 $1 \times 10^{17}$ atoms/cm<sup>3</sup>であった、窒素の含有量は $5 \times 10^{16}$ atoms/cm<sup>3</sup>であった。また、ホウ素と窒素との含有量の差は、 $5 \times 10^{16}$ atoms/cm<sup>3</sup>であった。また、sic基板の抵抗率は $1 \times 10^5$ Ωcmであった。

## 実施例(2)

実施例(1)と同様にして、sic基板を製造した、混合ガス中の窒素の含有量を、混合ガス中のケイ素の含有量の3.5×10<sup>-2</sup>モル%としたことを除いて、混合ガス中の窒素含有量を3.5×10<sup>-2</sup>モル%とした。次に、実施例(1)と同様にして、このsic基板中のホウ素及び窒素の含有量を測定した、ホウ素と窒素と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。表(1)に示すように、その結果を表(1)に示す、このsic基板中のホウ素の含有量は、

1×10<sup>17</sup>atoms/cm<sup>3</sup>であった、窒素の含有量が8×10<sup>16</sup>atoms/cm<sup>3</sup>であった。また、ホウ素と窒素との含有量の差は、2×10<sup>16</sup>atoms/cm<sup>3</sup>であった。また、このsic基板の抵抗率は1×10<sup>6</sup>Ωcmであった

#### 実施例(3)

実施例(1)と同様にして、sic基板を製造した、原料(2)におけるケイ素の物質質量に対して、0.4×10<sup>-2</sup>モル%のtib2を含有することを特徴とする、図(1)に示すように、混合ガス中の窒素の含有量を、混合ガス中のケイ素の含有量の0.4×10<sup>-2</sup>モル%とした次に、実施例(1)と同様にして、このsic基板中のホウ素及び窒素の含有量を測定した、ホウ素と窒素と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。結果を表(1)に示す表(1)に示すように、このsic基板におけるホウ素の含有量は、2×10<sup>16</sup>atoms/cm<sup>3</sup>であった、窒素の含有量が1×10<sup>16</sup>atoms/cm<sup>3</sup>であった。また、ホウ素と窒素との含有量の差は、1×10<sup>16</sup>atoms/cm<sup>3</sup>であった。また、このsic基板の抵抗率は1×10<sup>7</sup>Ωcmであった

#### 実施例(4)

実施例(1)と同様にして、sic基板を製造した、原料(2)におけるケイ素の物質質量に対して2×10<sup>-3</sup>モル%のtib2を含有することを特徴とする、図(1)に示すように、混合ガス中の窒素の含有量を、混合ガス中のケイ素の含有量の2×10<sup>-3</sup>モル%とした次に、実施例(1)と同様にして、このsic基板中のホウ素及び窒素の含有量を測定した、ホウ素と窒素と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。結果を表(1)に示す表(1)に示すように、このsic基板におけるホウ素の含有量は、1×10<sup>16</sup>atoms/cm<sup>3</sup>であった、窒素の含有量が5×10<sup>15</sup>atoms/cm<sup>3</sup>であった。また、ホウ素と窒素との含有量の差は、5×10<sup>15</sup>atoms/cm<sup>3</sup>であった。また、このsic基板の抵抗率は1×10<sup>7</sup>Ωcmであった

#### 実施例(5)

実施例(1)と同様にして、sic基板を製造した、原料(2)におけるケイ素の物質質量に対して1.9×10<sup>-3</sup>モル%のtib2を含有することを特徴とする、図(1)に示すように、混合ガス中の窒素の含有量を、混合ガス中のケイ素の含有量の2×10<sup>-3</sup>モル%とした次に、実施例(1)と同様にして、このsic基板中のホウ素及び窒素の含有量を測定した、ホウ素と窒素と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。その結果を表(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であった5×10<sup>15</sup>Atoms/cm<sup>3</sup>であり、窒素の含有量が5×10<sup>15</sup>atoms/cm<sup>3</sup>であった。また、ホウ素と窒素との含有量の差は4.5×10<sup>15</sup>atoms/cm<sup>3</sup>であった。また、sic基板の抵抗率は5×10<sup>9</sup>Ωcmであった

#### 実施例(6)

実施例(1)と同様にして、sic基板を製造した、原料(2)におけるケイ素の物質質量に対して、1.02×10<sup>-3</sup>モル%のtib2を含有することを特徴とする、図(1)に示すように、混合ガス中の窒素の含有量を、混合ガス中のケイ素の含有量の2×10<sup>-3</sup>モル%とした次に、実施例(1)と同様にして、このsic基板中のホウ素及び窒素の含有量を測定した、ホウ素と窒素と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。表(1)に示すように、その結果を表(1)に示す、このsic基板中のホウ素の含有量は5.1×10<sup>15</sup>atoms/cm<sup>3</sup>であり、窒素の含有量は5であった0×10<sup>15</sup>Atoms/cm<sup>3</sup>。また、ホウ素と窒素との含有量の差は1.0×10<sup>14</sup>atoms/cm<sup>3</sup>であった。また、このsic基板の抵抗率は1.0×10<sup>11</sup>Ωcmであった

#### 実施例(7)

実施例(1)と同様にして、sic基板を製造した、原料(2)におけるケイ素の物質質量に対して2×10<sup>-2</sup>モル%のtib2を含有することを特徴とする、図(1)に示すように、混合ガス中の窒素の含有量を、混合ガス中のケイ素の含有量の1.6×10<sup>-2</sup>モル%とした次に、実施例(1)と同様にして、このsic基板中のホウ素及び窒素の含有量を測定した、ホウ素と窒素と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。結果を表(1)に示す表(1)に示すように、このsic基板におけるホウ素の含有量は、1×10<sup>17</sup>atoms/cm<sup>3</sup>であった、窒素の含有量は4×10<sup>16</sup>atoms/cm<sup>3</sup>であった。また、ホウ素と窒素との含有量の差は、6×10<sup>16</sup>atoms/cm<sup>3</sup>であった。また、このsic基板の抵抗率は、1.1×10<sup>2</sup>Ωcmであった

#### 比較例(1)

実施例(1)と同様にして、sic基板を製造した、原料(2)におけるケイ素の物質質量に対して、0.98×10<sup>-3</sup>モル%のtib2を含有することを特徴とする、図(1)に示すように、混合ガス中の窒素の含有量を、混合ガス中のケイ素の含有量の1×10<sup>-3</sup>モル%とした次に、実施例(1)と同様にして、このsic基板中のホウ素及び窒素の含有量を測定した、ホウ素と窒素と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。表(1)に示すように、その結果を表(1)に示す、このsic基板中のホウ素の含有量は4.9×10<sup>15</sup>atoms/cm<sup>3</sup>であり、窒素の含有量は2であった5×10<sup>15</sup>Atoms/cm<sup>3</sup>。また、ホウ素と窒素との含有量の差は2.4×10<sup>15</sup>atoms/cm<sup>3</sup>であった。また、このsic基板の抵抗率は1×10<sup>4</sup>Ωcmであった

#### 比較例(2)

実施例(1)と同様にして、sic基板を製造した、原料(2)におけるケイ素の物質質量に対して2×10<sup>-3</sup>モル%のtib2を含有することを特徴とする、図(1)に示すように、混合ガス中の窒素の含有量を、混合ガス中のケイ素の含有量の1×10<sup>-2</sup>モル%とした次に、実施例(1)と同様にして、このsic基板中のホウ素及び窒素の含有量を測定した、ホウ素と窒素と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。表(1)に示すように、その結果を表(1)に示す、このsic基板中のホウ素の含有量は1×10<sup>16</sup>atoms/cm<sup>3</sup>であり、窒素の含有量は2であった5×10<sup>16</sup>Atoms/cm<sup>3</sup>。また、ホウ素と窒素の含有量の差が1.5×10<sup>16</sup>atoms/cm<sup>3</sup>である。また、このsic基板の抵抗率は1×10<sup>-1</sup>Ωcmであった  
[表-US-00001] テーブル(1) Sic単結晶 (1)含量(1)sic基板 窒素(1)-(2)(抵抗率当たり)のホウ素(1Atoms/cm<sup>3</sup>)(atoms/cm<sup>3</sup>)(atoms/cm<sup>3</sup>)(Ωcm) 実施例1×10<sup>17</sup>5×10<sup>16</sup>5×10<sup>16</sup>1×10<sup>5</sup> 実施例21×10<sup>17</sup>8×10<sup>16</sup>2×10<sup>16</sup>1×10<sup>6</sup> 実施例32×10<sup>16</sup>1×10<sup>16</sup>1×10<sup>16</sup>1×10<sup>7</sup> 実施例(4) 1×10<sup>16</sup>5×10<sup>15</sup>5×10<sup>15</sup>1×10<sup>15</sup>×10<sup>7</sup> 実施例(5) 5×10<sup>15</sup>5×10<sup>15</sup>4.5×10<sup>15</sup>5×10<sup>15</sup>×10<sup>9</sup> 実施例(6) 1×10<sup>15</sup>5×10<sup>15</sup>1×10<sup>14</sup>1×10<sup>11</sup> 実施例71×10<sup>17</sup> 4×10<sup>16</sup>6×10<sup>16</sup>1.1×10<sup>2</sup>比較(4) 9×10<sup>15</sup>2.5×10<sup>15</sup>2.4×10<sup>15</sup>1×10<sup>4</sup> 実施例1:比較1×10<sup>16</sup>2.5×10<sup>16</sup>1.5×10<sup>16</sup>1×10<sup>-1</sup>実施例(2)

表(1)に示すように、実施例(1-3)のsic基板は、表(1)に示すように、ホウ素の含有量は5×10<sup>15</sup>atoms/cm<sup>3</sup>以上であった、窒素の含有量は5×10<sup>15</sup>atoms/cm<sup>3</sup>以上であった、ホウ素の含有量が窒素の含有量よりも大きく、比較例(1)のsic基板よりもかなり大きい抵抗率を有していたであって、ホウ素の含有量と窒素の含有量が共に5×10<sup>15</sup>atoms/cm<sup>3</sup>未満であることを特徴とする、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基板の製造方法を提供する

また、表(1)に示すように、実施例(1-6)のsic基板を用いた、表(1)に示すように、ホウ素と窒素との含有量の差が5×10<sup>16</sup>atoms/cm<sup>3</sup>以下であった、実施例(7)のsic基板よりもかなり大きい抵抗率を有していた、差が6×10<sup>16</sup>atoms/cm<sup>3</sup>であることを特徴とする

また、表(1)に示すように、実施例(1-7)のsic基板では、ホウ素と窒素との含有量の差が小さいほど、sic基板の抵抗率が高くなる傾向にある

ここで、上記実施例では、金属ホウ化物としてtib2を用いたが、これに限定されるものではない、上記実施例と同様の効果を得ることができる、もちろん、TiB2以外の金属ホウ化物を用いた場合であっても得ることができる

産業上の利用可能性以上説明してきたが、本発明によれば、高抵抗率のp型sic単結晶及び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、特に高周波デバイスへの適用に適している、半導体装置の分野において、高い動作周波数を有するスイッチング素子を提供する

以上、本発明を詳細に説明してきたが、本発明はこれに限定されるものではない、本発明の範囲を逸脱することなく、本発明を限定するものではないことが明確に理解されるであろう、添付の特許請求の範囲の用語によってのみ限定される本発明の精神および範囲は、添付の特許請求の範囲によってのみ限定される