

注意

これは機械による自動翻訳です。従って翻訳文の明確性、正確性、完全性、信頼性、または特定目的への適合性は保証しかねます。事業に関連したものや金融に関する判断などの重要な判断は、機械翻訳の結果に基づいて行わないようにしてください。日本語に関するPatent Translate (パテント・トランスレート) はただいま開発中です。翻訳品質の向上に努力しております。

明細書 US2006091402

[0001]

この非仮出願は、2004年10月29日に日本国特許庁に提出された日本国特許出願第2004-316458号に基づくものであり、その全内容は参照により本明細書に組み込まれる。

This nonprovisional application is based on Japanese Patent Application No. 2004-316458 filed with the Japan Patent Office on Oct. 29, 2004, the entire contents of which are hereby incorporated by reference.

発明の背景

BACKGROUND OF THE INVENTION

[0002]

1. 発明の分野

1. Field of the Invention

[0003]

0001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し、特に高抵抗率のp型SiC単結晶、SiC基板及びSiC単結晶の製造方法に関する。。

The present invention relates to silicon carbide (SiC) single crystal, a SiC substrate and a manufacturing method for SiC single crystal, and in particular, to p type SiC single crystal having

high resistivity, a SiC substrate and a manufacturing method for SiC single crystal.

[0004]

2. 背景技術の説明

2. Description of the Background Art

[0005]

SiCは、シリコン（Si）の約3倍のバンドギャップ、Siの約10倍の絶縁耐圧、Siの約2倍の電子飽和速度、および熱Siの約3倍の導電率、Siにはない特性を有する。また、SiCは、熱的・化学的に安定な半導体材料であり、これらの特性に基づいて、近年、Siデバイスの物理的限界を超えるパワーデバイスや環境に適用されることが期待されている高温で動作する耐性のあるデバイスである。

SiC has a band gap that is approximately 3 times greater than that of silicon (Si), a dielectric breakdown voltage that is approximately 10 times higher than that of Si, an electron saturation speed that is approximately twice greater than that of Si, and thermal conductivity that is approximately 3 times greater than that of Si, as well as properties that Si does not have. In addition, SiC is a thermally and chemically stable semiconductor material, and on the basis of these properties, and, in recent years, has come to be expected to be applied to power devices that exceed the physical limit of Si devices, or to environment resistant devices that operate at a high temperatures.

[0006]

また、光デバイスに関する研究では、短波長化を考慮した窒化ガリウム（GaN）系材料が開発されており、他の化合物半導体と比較してGaNとの格子ミスマッチが顕著に小さいため、GaN層をエピタキシャル成長させるための基板として注目されている。

In addition, in research relating to optical devices, gallium nitride (GaN) based materials have been developed, with shorter wavelengths in mind, and since lattice mismatch with GaN is remarkably small in SiC, in comparison with other compound semiconductors, SiC substrates have attracted attention as a substrate for epitaxially growing a GaN layer.

[0007]

このようなエレクトロニクス分野では、用途に応じて基板の電子伝導特性を制御する必要があり、例えば、半導体レーザの基板として抵抗率の低い基板が必要であり、高周波デバイス用の基板として高抵抗（半絶縁性）が要求されるため、寄生容量を低減し、素子分離が可能となるなどの

利点がある。

In this area of electronics, it is necessary to control the electronic conduction properties of a substrate in accordance with the purpose for use, and for example, a substrate having a low resistivity is required as a substrate for a semiconductor laser, and a substrate having high resistivity (semi-insulating properties) is required as a substrate for a high frequency device, so that the parasitic capacitance can be reduced, element isolation can be gained and the like.

[0008]

高レイリー法では、雰囲気ガスであるアルゴンガスと窒素ガスとを混合するなどして低抵抗のSiC基板を比較的容易に得ることができる。

A SiC substrate having low resistivity can be gained relatively easily, for example, by mixing a nitrogen gas with an argon gas, which is an atmospheric gas, in an improved Rayleigh method.

[0009]

ところで、高抵抗のSiC基板は、例えばバナジウムを含む高抵抗率のSiC単結晶を切断することにより製造することができる。米国特許第5,611,955号、PCT公報、特開2003-500321号、特開2003-104798号などに記載されている。このようなバナジウム含有高抵抗のSiC単結晶は、高純度のSiC結晶粉末に高純度のバナジウムを添加し、SiCと共に昇華させてバナジウムを含有させることにより製造することができる。

Meanwhile, a SiC substrate having high resistivity can be manufactured by cutting SiC single crystal containing vanadium and having high resistivity, as described in, for example, U.S. Pat. No. 5,611,955, PCT National Publication No. 2003-500321, and Japanese Patent Laying-Open No. 2003-104798. Such SiC single crystal containing vanadium and having high resistivity can be manufactured by adding highly pure metal vanadium to a highly pure SiC crystal powder, and by sublimating the metal vanadium together with SiC, so that vanadium is contained in the SiC single crystal.

[0010]

しかしながら、金属バナジウムの昇華速度は速いため、SiC単結晶の成長初期に多量のバナジウムがSiC単結晶中に取り込まれるため、バナジウムを均一に含有させることができないSiC単結晶。また、成長初期においては、SiC単結晶に含まれるバナジウムの量が溶解限界を超えており、この時点で析出が起こり結晶性が悪化するため、この初期段階での結晶性の低下後で成長するSiC単結晶に悪影響を及ぼす。その結果、高抵抗の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生じる。また、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という問題が生じる。

The rate of sublimation of metal vanadium is high, however, and therefore, a great amount of vanadium is taken in by the SiC single crystal at the initial stage of the growth of the SiC single crystal, and thus, vanadium cannot be uniformly contained in the SiC single crystal. In addition, at the initial stage of growth, the amount of vanadium that is contained in the SiC single crystal exceeds the solubility limit, and at this point, deposition occurs and the crystallinity deteriorates, and therefore, deterioration in the crystallinity at this early stage of growth negatively affects the SiC single crystal that is grown afterwards. As a result of this, a problem arises, where SiC single crystal having high resistivity cannot be stably manufactured. In addition, a problem arises, where great dispersion is caused in the resistivity of a SiC substrate that is gained by cutting SiC single crystal.

[0011]

この問題を解決する手段として、バナジウムを予め含有したSiC結晶を粉末状に加工し、バナジウムを含むSiC単結晶を再成長させる方法が開示されている改良されたレーリー（Rayleigh）法によるこの原料の製造方法に関する。しかしながら、この方法では、あらかじめバナジウムを含有するSiC結晶を製造する必要があり、高抵抗のSiC単結晶を効率良く製造することができないという問題がある。

As a means for solving this problem, Japanese Patent Laying-Open No. 2003-104798 discloses a method for manufacturing SiC crystal that contains vanadium in advance, and then converting it into powder form, and re-growing SiC single crystal that contains vanadium from this raw material in accordance with an improved Rayleigh method. In accordance with this method, however, it is necessary to manufacture SiC crystal that contains vanadium in advance, and therefore, a problem arises, where SiC single crystal having high resistivity cannot be efficiently manufactured.

[0012]

また、上記のようにバナジウムを添加するのではなく、SiC単結晶の純度を高めることにより、高抵抗のSiC基板を作製することができる。例えば、特化した化学気相成長（CVD）法である高温CVD法で作製されたSiC単結晶は、高純度である傾向がある。しかしながら、高純度のSiC単結晶を得るためには、成長過程（原料、成長装置等）中にこの高純度を保つことが必要であり、成長過程において高純度を安定に保つことは非常に困難である。

In addition, a SiC substrate having high resistivity can be fabricated by increasing the purity of SiC single crystal instead of adding vanadium as described above. SiC single crystal that has been fabricated in accordance with a high temperature CVD method, which is a specialized chemical vapor deposition (CVD) method, for example, tends to have high purity. However, in order to gain highly pure SiC single crystal, it is necessary to preserve this high purity during the growing

process (raw material, growing apparatus and the like), and it is very difficult to preserve high purity stably during the growing process.

発明の概要

SUMMARY OF THE INVENTION

[0013]

本発明の目的は、高抵抗の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、安定して高抵抗率の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。

An object of the present invention is to provide SiC single crystal and a SiC substrate having high resistivity. In addition, an object of the present invention is to provide a manufacturing method for SiC single crystal according to which SiC single crystal stably having high resistivity can be manufactured.

[0014]

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み、第1のドーパントの含有量が 5×10^{15} atoms / cm³以上であり、第2のドーパントの含有量が 5×10^{15} atoms / cm³以上であり、第1のドーパントの含有量が第2のドーパントの含有量よりも多い。

The present invention provides SiC single crystal that includes a first dopant functioning as an acceptor, and a second dopant functioning as a donor, where the content of the first dopant is no less than 5×10^{15} atoms/cm³, the content of the second dopant is no less than 5×10^{15} atoms/cm³, and the content of the first dopant is greater than the content of the second dopant.

[0015]

ここで、本発明のSiC単結晶は、第1のドーパントの含有量が 1×10^{16} atoms / cm³以上 1×10^{17} atoms / cm³以下であることが好ましく、cm³である。

Here, it is preferable, in the SiC single crystal of the present invention, for the content of the first dopant to be no less than 1×10^{16} atoms/cm³ and no greater than 1×10^{17} atoms/cm³.

[0016]

また、本発明のSiC単結晶は、第2のドーパントの含有量が 1×10^{16} atoms / cm³以上であることが好ましい。

In addition, it is preferable, in the SiC single crystal of the present invention, for the content of the second dopant to be no less than 1×10^{16} atoms/cm³.

[0017]

また、本発明のSiC単結晶は、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 5×10^{16} atoms / cm³以下であることが好ましい。

In addition, it is preferable, in the SiC single crystal of the present invention, for the difference between the content of the first dopant and the content of the second dopant to be no greater than 5×10^{16} atoms/cm³.

[0018]

また、本発明のSiC単結晶は、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が好ましい。

In addition, it is preferable, in the SiC single crystal of the present invention, for the first dopant to be boron and for the second dopant to be nitrogen.

[0019]

また、本発明のSiC単結晶は、25℃における抵抗率が 1×10^{-4} Ωcm以上であることが好ましい。

In addition, it is preferable, in the SiC single crystal of the present invention, for the resistivity at 25[deg.] C. to be no less than 1×10^{-4} [Omega]cm.

[0020]

また、本発明のSiC単結晶は、25℃における抵抗率が 1×10^{-7} Ωcm以上であることが好ましい。

In addition, it is preferable, in the SiC single crystal of the present invention, for the resistivity at 25[deg.] C. to be no less than 1×10^{-7} [Omega]cm.

[0021]

また、本発明は、上述したSiC単結晶からなるSiC基板を提供する。

In addition, the present invention provides a SiC substrate made of SiC single crystal, as described above.

[0022]

また、本発明は、炭化珪素単結晶の製造方法であって、炭素とシリコンとを含む材料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、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、種結晶基板の表面に、混合ガスを再結晶させることにより、種結晶基板の表面にホウ素および窒素を含む炭化ケイ素単結晶を成長させる工程とを含む。

Furthermore, the present invention provided a manufacturing method for silicon carbide single crystal that includes the steps of: fabricating a raw material by mixing a metal boride with a material that includes carbon and silicon; vaporizing the raw material; generating a mixed gas that includes carbon, silicon, boron and nitrogen; and growing silicon carbide single crystal that includes boron and nitrogen on a surface of a seed crystal substrate by re-crystallizing the mixed gas on the surface of the seed substrate.

[0023]

ここで、本発明のSiC単結晶の製造方法において、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、ホウ化ニオブの群から選択される少なくとも1種の物質であることが好ましい。

Here, it is preferable, in the manufacturing method for SiC single crystal of the present invention, for the metal boride to be at least one type of substance selected from the group of titanium boride, zirconium boride, hafnium boride, tantalum boride and niobium boride.

[0024]

本発明によれば、抵抗率の高いSiC単結晶及びSiC基板を提供することができる。また、本発明によれば、抵抗率の高い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。

The present invention can provide SiC single crystal and a SiC substrate having high resistivity. In addition, the present invention can provide a manufacturing method for SiC single crystal according to which SiC single crystal having high resistivity can be stably manufactured.

[0025]

本発明の上記および他の目的、特徴、局面および利点は、添付の図面と併せて以下の本発明の詳細な説明から明らかになるであろう。

The foregoing and other objects, features, aspects and advantages of the present invention will become more apparent from the following detailed description of the present invention when taken in conjunction with the accompanying drawings.

図面の簡単な説明

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0026]

イチジク。【図1】本発明に用いられるSiC単結晶育成装置の好ましい一例を示す概略断面図である。そして

FIG. 1 is a schematic cross sectional diagram showing a preferable example of a SiC single crystal growing apparatus that is used in the present invention; and

[0027]

イチジク。図2は、本発明のSiC基板の好適な一例を示す概略斜視図である。

FIG. 2 is a schematic perspective diagram showing a preferable example of a SiC substrate of the present invention.

【発明を実施するための最良の形態】

DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

[0028]

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単結晶を提供し、第1のドーパントの含有量は 5×10^5 atoms / cm³以上であり、第2のドーパントの含有量が 5×10^{15} atoms / cm³以上であり、第1のドーパントの含有量が第2のドーパントの含有量よりも多い。これは、純p型SiC単結晶よりも比抵抗が高いSiC単結晶であり、本発明者の鋭意検討の結果得られたものであり、第1のドーパントの含有量ドナーとして機能する第2のドーパントの含有量が共にSiC単結晶で 5×10^{15} atoms / cm³以上であれば、第1のドーパ

ントと第2のドーパントの傾向が大きくなるSiC単結晶中に導入された電子を散乱させるとともに、アクセプタとして機能する第1のドーパントの含有量を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多くすることにより、アクセプタとして機能する第1のドーパントによってドナーが補償され、SiC単結晶中の電子の移動度が低下する。

The present invention provides SiC single crystal that includes a first dopant functioning as an acceptor, and a second dopant functioning as a donor, wherein the content of the first dopant is no less than 5×10^{15} atoms/cm³, the content of the second dopant is no less than 5×10^{15} atoms/cm³, and the content of the first dopant is greater than the content of the second dopant. This is SiC single crystal having resistivity that is higher than that of pure p type SiC single crystal, and was gained as a result of diligent examination by the present inventor, during which it was found that in the case where the content of the first dopant functioning as an acceptor and the content of the second dopant functioning as a donor are both no less than 5×10^{15} atoms/cm³ in SiC single crystal, there is a great tendency for the first dopant and the second dopant to make electrons that have been introduced into the SiC single crystal scatter, and in addition, the content of the first dopant functioning as an acceptor is made greater than the content of the second dopant functioning as a donor, so that the second dopant functioning as a donor is compensated for with the first dopant functioning as an acceptor, and thus, the mobility of electrons in the SiC single crystal is lowered.

[0029]

ここで、SiC単結晶中の第1ドーパントの含有量は、 1×10^{16} atoms / cm³以上 1×10^{17} atoms / cm³以下であることが好ましく、。第1ドーパントの含有量が 1×10^{16} atoms / cm³未満であると、SiC単結晶中の第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第1のドーパントの含有量が 1×10^{17} atoms / cm³より大きい場合、SiC単結晶の結晶性が不十分となり、SiC単結晶の比抵抗が高くなりにくくなり、劣化する傾向がある。

Here, it is preferable for the content of the first dopant in the SiC single crystal to be no less than 1×10^{16} atoms/cm³ and no greater than 1×10^{17} atoms/cm³. In the case where the content of the first dopant is less than 1×10^{16} atoms/cm³, the content of the first dopant in the SiC single crystal is too small, causing scattering of electrons due to the first dopant to be insufficient, and the SiC single crystal tends not to have high resistivity, and in the case where the content of the first dopant is greater than 1×10^{17} atoms/cm³, the crystallinity of the SiC single crystal tends to deteriorate.

[0030]

また、SiC単結晶中の第2のドーパントの含有量は、 1×10^{16} atoms / cm³以上であることが好ましい。第2ドーパントの含有量が 1×10^{16} atoms / cm³未満であると、SiC単結晶中の第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SiC単結晶の抵抗率が高くなりにく

い傾向にある。

In addition, it is preferable for the content of the second dopant in the SiC single crystal to be no less than 1×10^{16} atoms/cm³. In the case where the content of the second dopant is less than 1×10^{16} atoms/cm³, the content of the second dopant in the SiC single crystal is too small, causing scattering of electrons due to the second dopant to be insufficient, and the SiC single crystal tends not to have high resistivity.

[0031]

また、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 5×10^{16} atoms / cm³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 5×10^{16} atoms / cm³より大きい場合には、第1ドーパント第2のドーパントが十分でなく、SiC単結晶の抵抗率が低くなる傾向にある。

In addition, it is preferable for the difference between the content of the first dopant and the content of the second dopant to be no greater than 5×10^{16} atoms/cm³. In the case where the difference between the content of the first dopant and the content of the second dopant is greater than 5×10^{16} atoms/cm³, reduction in the number of carriers due to the compensation between the first dopant and the second dopant is not sufficient, and the resistivity of the SiC single crystal tends to become low.

[0032]

ここで、アクセプタとして機能する第1ドーパントは、SiC単結晶中の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、ホウ素の濃度が高く、ホウ素を含むSiC単結晶の抵抗率が高くなる傾向があるためである。

Here, the first dopant functioning as an acceptor is a dopant that functions as an electron receptor in SiC single crystal. Boron, aluminum and gallium, for example, can be cited as the first dopant, and in particular, boron is preferable. This is because boron has deep level and SiC single crystal that includes boron tends to have high resistivity.

[0033]

また、ドナーとして機能する第2のドーパントは、SiC単結晶中の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、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た場合、SiC単結晶の製造が容易になる傾向にあるからである。

In addition, the second dopant functioning as a donor is a dopant that functions as an electron donor in SiC single crystal. Nitrogen and phosphorous, for example, can be cited as the second dopant, and in particular, nitrogen is preferable. This is because in the case where nitrogen is used as the second dopant, the manufacture of SiC single crystal tends to become easy.

[0034]

また、本発明の25 °CにおけるSiC単結晶の抵抗率は、 $1 \times 10^4 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$ 以上であることが好ましく、 $1 \times 10^7 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$ 以上であることが好ましい。本発明のSiC単結晶の25 °Cにおける抵抗率が $1 \times 10^4 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$ 以上である場合、本発明のSiC単結晶は、使用に適している絶縁基板を必要とする半導体装置の基板として有用である。また、25 °Cにおける抵抗率が $1 \times 10^7 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$ 以上である場合、本発明のSiC単結晶は、絶縁基板を必要とする。

In addition, it is preferable for the resistivity of the SiC single crystal at 25[deg.] C. in the present invention to be no less than $1 \times 10^4 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$, and it is more preferable for it to be no less than $1 \times 10^7 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$. In the case where the resistivity of the SiC single crystal at 25[deg.] C. in the present invention is no less than $1 \times 10^4 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$, the SiC single crystal of the present invention is appropriate for use as a substrate for a semiconductor device that requires an insulating substrate. In addition, in the case where the resistivity at 25[deg.] C. is no less than $1 \times 10^7 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$, the SiC single crystal of the present invention is more appropriate for use as a substrate for a semiconductor device that requires an insulating substrate.

[0035]

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は、炭素とシリコンとを含む材料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、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、種結晶基板の表面に、混合ガスを再結晶させることにより、種結晶基板の表面にホウ素および窒素を含むSiC単結晶を成長させる工程とを含む。

As a preferable example of a manufacturing method for such SiC single crystal of the present invention, there is a manufacturing method that includes the steps of: fabricating a raw material by mixing a metal boride with a material that includes carbon and silicon; vaporizing the raw material; generating a mixed gas that includes carbon, silicon, boron and nitrogen; and growing SiC single crystal that contains boron and nitrogen on a surface of a seed crystal substrate by re-crystallizing the mixed gas on the surface of the seed crystal substrate.

[0036]

ここで、金属ホウ化物には、ホウ化チタン、ホウ化ジルコニウム、ホウ化ホウ素、ホウ化ホウ素、ホウ化ニオブ、ホウ化アルミニウム、ホウ化ホウ素、ホウ化ガドリニウム、ホウ化カルシウム

、ホウ化ケイ素、ホウ化ケイ素、ホウ化コバルト、ホウ化ストロンチウム、硼化鉄、硼化ホウ素、硼化ニッケル、硼化バリウム、硼化マグネシウム、硼化マンガン、硼化モリブデン、硼化バナジウムおよび硼化セリウムからなる群から選択される。

Here, a metal boride includes titanium boride, zirconium boride, hafnium boride, tantalum boride, niobium boride, aluminum boride, ytterbium boride, uranium boride, gadolinium boride, calcium boride, chromium boride, silicon boride, cobalt boride, strontium boride, tungsten boride, iron boride, copper boride, thorium boride, nickel boride, barium boride, magnesium boride, manganese boride, molybdenum boride, vanadium boride and cerium boride.

[0037]

特に、金属ホウ化物として、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、ホウ化ニオブの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。これは、これらの金属ホウ化物の蒸気圧が単一ホウ素よりも低いため、SiC単結晶の成長初期にSiC単結晶にホウ素が多く取り込まれないためである金属ホウ素を用いた場合には、SiC単結晶によって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中のホウ素原子の寸法は炭素のそれとあまり変わらないので、ホウ素はSiC単結晶中の炭素部位に取り込まれる傾向があり、金属ホウ化物中の金属はより大きな原子SiC単結晶中のシリコンサイトや炭素サイトに金属ホウ化物中の金属が取り込まれにくくなる。

In particular, it is preferable to use at least one type of substance selected from the group of titanium boride, zirconium boride, hafnium boride, tantalum boride and niobium boride as the metal boride. This is because these metal borides have a vapor pressure that is lower than that of single boron, and therefore, a large amount of boron is not taken in by SiC single crystal at the initial stage of growth of the SiC single crystal, unlike in the case where metal boron is used, and boron can be uniformly taken in by the SiC single crystal. In addition, the dimensions of atoms of boron in these metal borides are not so different from those of carbon, and therefore, boron tends to be taken into carbon sites in the SiC single crystal, while metal in the metal borides has atoms that are greater than those of silicon and carbon, and therefore, metal in the metal borides tends not to be taken into silicon sites and carbon sites in the SiC single crystal.

[0038]

炭素及びケイ素を含む材料に金属ホウ化物が混合された原料は、例えば2000 以上2800 以下の温度に加熱されるので、気化させて窒素ガスを混合する蒸気ガスとすることにより、炭素を含む混合ガスを生成する。シリコン、ホウ素および窒素が生成される。ここで、混合ガス中のホウ素の含有量は、混合ガス中のシリコンの含有量の 2×10^{-3} モル%以上とすることにより、SiC単結晶中のホウ素の含有量を 5×10^{15} atoms / cm³以上とする。また、混合ガス中の窒素含有量は、混合ガス中のシリコン含有量の 2×10^{-3} モル%以上とすることで、SiC単結晶中の窒素含有量 5×10^{15} atoms / cm³以上とすることが好ましい。このように、混合ガス中のホウ素の含有量を

、混合ガス中のシリコンを 4×10^{-3} mol%以上 4×10^{-1} mol%以下とすることにより、SiC単結晶中のホウ素の含有量を 1×10^{16} atoms / cm³以上 1×10^{17} atoms / cm³以下とすることができ、cm³である。

A raw material where a metal boride is mixed with a material that includes carbon and silicon is heated to a temperature of, for example, no lower than 2000[deg.] C. and no higher than 2800[deg.] C., so as to be vaporized into a vapor gas with which a nitrogen gas is then mixed, and thus, a mixed gas that includes carbon, silicon, boron and nitrogen is generated. Here, the content of boron in the mixed gas is made to be no less than 2×10^{-3} mol % of the content of silicon in the mixed gas, and thereby, the content of boron in the SiC single crystal can be made to be no less than 5×10^{15} atoms/cm³. In addition, the content of nitrogen in the mixed gas is made to be no less than 2×10^{-3} mol % of the content of silicon in the mixed gas, and thereby, the content of nitrogen in the SiC single crystal can be made to be no less than 5×10^{15} atoms/cm³. Thus, in the case where the content of boron in the mixed gas is made to be no less than 4×10^{-3} mol % and no greater than 4×10^{-1} mol % of silicon in the mixed gas by adjusting the mixed amount of the metal boride, the content of boron in the SiC single crystal can be made to be no less than 1×10^{16} atoms/cm³ and no greater than 1×10^{17} atoms/cm³.

また、混合ガス中の窒素の含有量を、混合ガス中のシリコンの含有量が窒素ガスの混合量を調整することにより 4×10^{-3} モル%以上とする場合には、SiC単結晶中の窒素を 1×10^{16} atoms / cm³以上とすることができる。このように、金属ホウ化物の混合量と混合量を適宜調整することにより、SiC単結晶中のホウ素と窒素の含有量の差を 5×10^{16} atoms / cm³以下にすることができるの窒素ガスを導入する。

In addition, in the case where the content of nitrogen in the mixed gas is made to be no less than 4×10^{-3} mol % of silicon in the mixed gas by adjusting the mixed amount of the nitrogen gas, the content of nitrogen in the SiC single crystal can be made to be no less than 1×10^{16} atoms/cm³. Thus, the difference in content between boron and nitrogen in the SiC single crystal can be made to be no greater than 5×10^{16} atoms/cm³, by appropriately adjusting the mixed amount of the metal boride and the mixed amount of the nitrogen gas.

[0039]

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

Thus, this mixed gas is re-crystallized on a surface of a seed crystal substrate, and thereby, SiC single crystal is grown on the surface of the seed crystal substrate, and the SiC single crystal of the present invention can be manufactured.

[0040]

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り、本発明のSiC基板を製造することができる。

The SiC single crystal that has been manufactured in this manner is cut, and thereby, a SiC substrate of the present invention can be manufactured.

使用例

EXAMPLES

例1

Example 1

[0041]

イチジク。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。この育成装置5は、水晶管6の内部に設置された黒鉛製のつぼ7と、るつぼ7の上端の開口を塞ぐ蓋8と、るつぼの周囲に設置された熱遮蔽用の黒鉛製のフェルト9とを備えている蓋8と、水晶管6の外周に巻回されるように設置されたワークコイル10とを備えている。また、蓋8の下面の中央にはSiCからなる種結晶基板1が貼り付けられ、るつぼ7の内部には原料2が充填されている。

FIG. 1 is a schematic cross sectional diagram showing a SiC single crystal growing apparatus that is used in the present invention. This growing apparatus 5 includes a crucible 7 made of graphite that is installed inside a crystal tube 6, a lid 8 for closing the opening on the upper end of the crucible 7, a felt 9 made of graphite for heat shielding that is installed around crucible 7 and lid 8, and a work coil 10 that is installed so as to wind around the outer periphery of crystal tube 6. In addition, a seed crystal substrate 1 made of SiC is attached to the center of the lower surface of lid 8, and the inside of crucible 7 is filled in with a raw material 2.

[0042]

原料2中の珪素の物質質量に対して 2×10^{-2} mol%の硼化チタン (TiB₂) をSiC結晶粉末と混合して原料2を製造した。また、るつぼ7内の圧力を一旦 10^{-5} Paまで減圧した後、アルゴン (Ar) ガスを導入し、るつぼ7の内部をArガス雰囲気中で、 1×10^5 Paである。

Raw material 2 was manufactured by mixing 2×10^{-2} mol % of titanium boride (TiB₂) relative to the amount of substance of silicon in raw material 2 with a SiC crystal powder. In addition, the pressure inside crucible 7 was once reduced to 10^{-5} Pa, and after that, an argon (Ar) gas was introduced, so that the inside of crucible 7 was filled with an Ar gas atmosphere, under a pressure of 1×10^5 Pa.

[0043]

次に、ワークコイル10に高周波電流を流して原料2を2200℃に加熱し、坩堝7内の圧力を 1.3×10^3 Pa原料2を気化させ、この蒸気状の気体を窒素ガスと混合して混合ガスを得た。混合ガス中の窒素含有量は、混合ガス中のシリコン含有量の 2×10^{-2} モル%であった。また、原料2からSiC種結晶基板1まで温度が徐々に低下するような温度勾配で、ワークコイル10により加熱を行った。その後、SiC種結晶基板1の表面で混合ガスを再結晶させることによりSiC単結晶2aが成長し、SiC単結晶インゴット3が得られた。

Then, a high frequency current was made to flow through work coil 10, so as to heat raw material 2 to 2200[deg.] C., and the pressure on the inside of crucible 7 was reduced to 1.3×10^3 Pa, so as to vaporize raw material 2, and this vaporous gas was mixed with a nitrogen gas so as to gain a mixed gas. The content of nitrogen in the mixed gas was 2×10^{-2} mol % of the content of silicon in the mixed gas. In addition, heating was carried out by work coil 10, with a temperature gradient such that the temperature gradually decreased from raw material 2 to SiC seed crystal substrate 1. After that, the mixed gas was re-crystallized on the surface of SiC seed crystal substrate 1, and thereby, SiC single crystal 2a grew, and a SiC single crystal ingot 3 was gained.

[0044]

このSiC単結晶インゴット3を400 μmの厚さに切断し、直径2インチの円盤状のSiC基板4を図1に示すように切断した。2を製造した。そして、このSiC基板4中のホウ素および窒素の含有量をSIMS（二次イオン質量分析法）により測定し、ホウ素と窒素の含有量の差を算出した。さらに、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基板中のホウ素の含有量は 1×10^7 atoms / cm³であり、窒素の含有量は 5×10^{16} atoms / cm³であった。また、ホウ素と窒素の含有量の差は 5×10^{16} atoms / cm³であった。さらに、SiC基板の抵抗率は 1×10^5 Ω・cmであった。

This SiC single crystal ingot 3 was cut into slices having a thickness of 400 [μ]m, and a SiC substrate 4 in disc form having a diameter of 2 inches, as shown in FIG. 2, was manufactured. Then, the content of boron and nitrogen in this SiC substrate 4 was measured by means of SIMS (secondary ion mass spectrometry), and thus, the difference in content between boron and nitrogen was calculated. In addition, the resistivity of this SiC substrate was measured. The results are shown in Table 1. As shown in Table 1, the content of boron in this SiC substrate was

1×10^{17} atoms/cm³, and the content of nitrogen was 5×10^{16} atoms/cm³. In addition, the difference in content between boron and nitrogen was 5×10^{16} atoms/cm³. Furthermore, the resistivity of the SiC substrate was 1×10^5 [Ω]cm.

例2

Example 2

[0045]

混合ガス中の窒素含有量を混合ガス中のシリコン含有量の 3.5×10^{-2} モル%とした以外は、実施例1と同様にしてSiC基板を作製した。そして、このSiC基板中のホウ素および窒素の含有量を実施例1と同様にして測定し、ホウ素と窒素の含有量の差を算出した。さらに、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基板中のホウ素の含有量は 1×10^{17} atoms / cm³であり、窒素の含有量は 8×10^{16} atoms / cm³であった。また、ホウ素と窒素の含有量の差は 2×10^{16} atoms / cm³であった。また、このSiC基板の抵抗率は 1×10^6 cmであった。

A SiC substrate was manufactured in the same manner as in the example 1, except that the content of nitrogen in the mixed gas was made to be 3.5×10^{-2} mol % of the content of silicon in the mixed gas. Then, the content of boron and nitrogen in this SiC substrate was measured in the same manner as in the example 1, and thus, the difference in content between boron and nitrogen was calculated. In addition, the resistivity of this SiC substrate was measured. The results are shown in Table 1. As shown in Table 1, the content of boron in this SiC substrate was 1×10^{17} atoms/cm³, and the content of nitrogen was 8×10^{16} atoms/cm³. In addition, the difference in content between boron and nitrogen was 2×10^{16} atoms/cm³. Furthermore, the resistivity of this SiC substrate was 1×10^6 [Ω]cm.

例3

Example 3

[0046]

実施例1と同様にして、SiC基板を作製した。但し、図1に示す原料2中のシリコンの物質質量に対して、TiB₂を 0.4×10^{-2} モル%とした。1を混合し、混合ガス中の窒素含有量を混合ガス中のシリコン含有量の 0.4×10^{-2} モル%とした。そして、このSiC基板中のホウ素および窒素の含有量を実施例1と同様にして測定し、ホウ素と窒素の含有量の差を算出した。さらに、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基板中のホウ素の含有量は

2×10^{16} atoms / cm^3 であり、窒素の含有量は 1×10^{16} atoms / cm^3 であった。また、ホウ素と窒素の含有量の差は 1×10^{16} atoms / cm^3 であった。さらに、このSiC基板の抵抗率は 1×10^7 Ω cmであった。

A SiC substrate was manufactured in the same manner as in the example 1, except that 0.4×10^{-2} mol % of TiB₂ relative to the amount of substance of silicon in raw material 2, shown in FIG. 1, was mixed in, and the content of nitrogen in the mixed gas was made to be 0.4×10^{-2} mol % of the content of silicon in the mixed gas. Then, the content of boron and nitrogen in this SiC substrate was measured in the same manner as in the example 1, and thus, the difference in content between boron and nitrogen was calculated. In addition, the resistivity of this SiC substrate was measured. The results are shown in Table 1. As shown in Table 1, the content of boron in this SiC substrate was 2×10^{16} atoms/ cm^3 , and the content of nitrogen was 1×10^{16} atoms/ cm^3 . In addition, the difference in content between boron and nitrogen was 1×10^{16} atoms/ cm^3 . Furthermore, the resistivity of this SiC substrate was 1×10^7 [Ω]cm.

例4

Example 4

[0047]

実施例1と同様にしてSiC基板を作製した。但し、図2に示す原料2中のシリコンの物質質量に対して 2×10^{-3} モル%のTiB₂を用いた。1を混合し、混合ガス中の窒素含有量を混合ガス中のシリコン含有量の 2×10^{-3} モル%とした。そして、このSiC基板中のホウ素および窒素の含有量を実施例1と同様にして測定し、ホウ素と窒素の含有量の差を算出した。さらに、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基板中のホウ素の含有量は 1×10^{16} atoms / cm^3 であり、窒素の含有量は 5×10^{15} atoms / cm^3 であった。また、ホウ素と窒素の含有量の差は 5×10^{15} atoms / cm^3 であった。さらに、このSiC基板の抵抗率は 1×10^7 Ω cmであった。

A SiC substrate was manufactured in the same manner as in the example 1, except that 2×10^{-3} mol % of TiB₂ relative to the amount of substance of silicon in raw material 2, shown in FIG. 1, was mixed in, and the content of nitrogen in the mixed gas was made to be 2×10^{-3} mol % of the content of silicon in the mixed gas. Then, the content of boron and nitrogen in this SiC substrate was measured in the same manner as in the example 1, and thus, the difference in content between boron and nitrogen was calculated. In addition, the resistivity of this SiC substrate was measured. The results are shown in Table 1. As shown in Table 1, the content of boron in this SiC substrate was 1×10^{16} atoms/ cm^3 , and the content of nitrogen was 5×10^{15} atoms/ cm^3 . In addition, the difference in content between boron and nitrogen was

5×10^{15} atoms/cm³. Furthermore, the resistivity of this SiC substrate was 1×10^7 [Omega]cm.

実施例5

Example 5

[0048]

実施例1と同様にしてSiC基板を作製した。但し、図2に示す原料2中のシリコンの物質質量に対して 1.9×10^{-3} モル%のTiB₂を用いた。1を混合し、混合ガス中の窒素含有量を混合ガス中のシリコン含有量の 2×10^{-3} モル%とした。そして、このSiC基板中のホウ素および窒素の含有量を実施例1と同様にして測定し、ホウ素と窒素の含有量の差を算出した。さらに、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基板中のホウ素の含有量は 9.5×10^{15} atoms / cm³であり、窒素の含有量は 5×10^{15} atoms / cm³であった。また、ホウ素と窒素の含有量の差は 4.5×10^{15} atoms / cm³であった。さらに、このSiC基板の抵抗率は 5×10^9 cmであった。

A SiC substrate was manufactured in the same manner as in the example 1, except that 1.9×10^{-3} mol % of TiB₂ relative to the amount of substance of silicon in raw material 2, shown in FIG. 1, was mixed in, and the content of nitrogen in the mixed gas was made to be 2×10^{-3} mol % of the content of silicon in the mixed gas. Then, the content of boron and nitrogen in this SiC substrate was measured in the same manner as in the example 1, and thus, the difference in content between boron and nitrogen was calculated. In addition, the resistivity of this SiC substrate was measured. The results are shown in Table 1. As shown in Table 1, the content of boron in this SiC substrate was 9.5×10^{15} atoms/cm³, and the content of nitrogen was 5×10^{15} atoms/cm³. In addition, the difference in content between boron and nitrogen was 4.5×10^{15} atoms/cm³. Furthermore, the resistivity of this SiC substrate was 5×10^9 [Omega]cm.

実施例6

Example 6

[0049]

実施例1と同様にしてSiC基板を作製した。但し、原料2中のケイ素の量に対してTiB₂を 1.02×10^{-3} モル%とした以外は実施例1と同様にしてSiC基板を作製した。1を混合し、混合ガス中の窒素含有量を混合ガス中のシリコン含有量の 2×10^{-3} モル%とした。そして、このSiC基板中のホウ

素および窒素の含有量を実施例1と同様にして測定し、ホウ素と窒素の含有量の差を算出した。さらに、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基板中のホウ素の含有量は 5.1×10^{15} atoms / cm³であり、窒素の含有量は 5.0×10^{15} atoms / cm³であった。また、ホウ素と窒素の含有量の差は 1.0×10^{14} atoms / cm³であった。さらに、このSiC基板の抵抗率は 1.0×10^{11} Ω cmであった。

A SiC substrate was manufactured in the same manner as in the first example 1, except that 1.02×10^{-3} mol % of TiB₂ relative to the amount of substance of silicon in raw material 2, shown in FIG. 1, was mixed in, and the content of nitrogen in the mixed gas was made to be 2×10^{-3} mol % of the content of silicon in the mixed gas. Then, the content of boron and nitrogen in this SiC substrate was measured in the same manner as in the example 1, and thus, the difference in content between boron and nitrogen was calculated. In addition, the resistivity of this SiC substrate was measured. The results are shown in Table 1. As shown in Table 1, the content of boron in this SiC substrate was 5.1×10^{15} atoms/cm³, and the content of nitrogen was 5.0×10^{15} atoms/cm³. In addition, the difference in content between boron and nitrogen was 1.0×10^{14} atoms/cm³. Furthermore, the resistivity of this SiC substrate was 1.0×10^{11} [Ω]cm.

実施例7

Example 7

[0050]

実施例1と同様にしてSiC基板を作製した。但し、図2に示す原料2中のシリコンの物質質量に対して 2×10^{-2} mol%のTiB₂を用いた。1を混合し、混合ガス中の窒素含有量を混合ガス中のシリコン含有量の 1.6×10^{-2} モル%とした。そして、このSiC基板中のホウ素および窒素の含有量を実施例1と同様にして測定し、ホウ素と窒素の含有量の差を算出した。さらに、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基板中のホウ素の含有量は 1×10^{17} atoms / cm³であり、窒素の含有量は 4×10^{16} atoms / cm³であった。また、ホウ素と窒素の含有量の差は 6×10^{16} atoms / cm³であった。また、このSiC基板の比抵抗は 1.1×10^2 Ω cmであった。

A SiC substrate was manufactured in the same manner as in the example 1, except that 2×10^{-2} mol % of TiB₂ relative to the amount of substance of silicon in raw material 2, shown in FIG. 1, was mixed in, and the content of nitrogen in the mixed gas was made to be 1.6×10^{-2} mol % of the content of silicon in the mixed gas. Then, the content of boron and nitrogen in this SiC substrate was measured in the same manner as in the example 1, and thus, the difference in content between boron and nitrogen was calculated. In addition, the resistivity of this SiC substrate was measured. The results are shown in Table 1. As shown in Table 1, the content of

boron in this SiC substrate was 1×10^{17} atoms/cm³, and the content of nitrogen was 4×10^{16} atoms/cm³. In addition, the difference in content between boron and nitrogen was 6×10^{16} atoms/cm³. Furthermore, the resistivity of this SiC substrate was 1.1×10^2 [Ω]cm.

比較例1

Comparison Example 1

[0051]

実施例1と同様にしてSiC基板を作製した。但し、図2に示す原料2中のシリコンの物質質量に対して、TiB₂を 0.98×10^{-3} モル%とした。1を混合し、混合ガス中の窒素含有量を混合ガス中のシリコン含有量の 1×10^{-3} モル%とした。そして、このSiC基板中のホウ素および窒素の含有量を実施例1と同様にして測定し、ホウ素と窒素の含有量の差を算出した。さらに、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基板のホウ素含有量は 4.9×10^{15} atoms / cm³であり、窒素含有量は 2.5×10^{15} atoms / cm³であった。また、ホウ素と窒素の含有量の差は 2.4×10^{15} atoms / cm³であった。さらに、このSiC基板の抵抗率は 1×10^4 Ωcmであった。

A SiC substrate was manufactured in the same manner as in the example 1, except that 0.98×10^{-3} mol % of TiB₂ relative to the amount of substance of silicon in raw material 2, shown in FIG. 1, was mixed in, and the content of nitrogen in the mixed gas was made to be 1×10^{-3} mol % of the content of silicon in the mixed gas. Then, the content of boron and nitrogen in this SiC substrate was measured in the same manner as in the example 1, and thus, the difference in content between boron and nitrogen was calculated. In addition, the resistivity of this SiC substrate was measured. The results are shown in Table 1. As shown in Table 1, the content of boron in this SiC substrate was 4.9×10^{15} atoms/cm³, and the content of nitrogen was 2.5×10^{15} atoms/cm³. In addition, the difference in content between boron and nitrogen was 2.4×10^{15} atoms/cm³. Furthermore, the resistivity of this SiC substrate was 1×10^4 [Ω]cm.

比較例2

Comparison Example 2

[0052]

実施例1と同様にしてSiC基板を作製した。但し、図2に示す原料2中のシリコンの物質質量に対して

2 × 10⁻³モル%のTiB₂を用いた。1を混合し、混合ガス中の窒素含有量を混合ガス中のシリコン含有量の1 × 10⁻²モル%とした。そして、このSiC基板中のホウ素および窒素の含有量を実施例1と同様にして測定し、ホウ素と窒素の含有量の差を算出した。さらに、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基板中のホウ素の含有量は1 × 10¹⁶atoms / cm³であり、窒素の含有量は2.5 × 10¹⁶atoms / cm³であった。また、ホウ素と窒素の含有量の差は-1.5 × 10¹⁶atoms / cm³であった。また、このSiC基板の抵抗率は1 × 10⁻¹ Ωcmであった。表1に示すように、SiC単結晶の組成は、表1に示す通りであった。(1原子/cm³当たり)(1原子/cm³当たり)のホウ素の(1)-(2)実施例1 1 × 10¹⁵ × 10¹⁶ × 10⁻³(Ωcm) 1 × 10¹⁷ × 10¹⁶ × 1 × 10⁵実施例2 1 × 10¹⁷ × 10¹⁶ × 2 × 10¹⁶ × 1実施例3 2 × 10¹⁶ × 1 × 10¹⁶ × 1 × 10⁷実施例4 > 1 × 10¹⁶ × 10¹⁵ × 10¹⁵ × 10⁷実施例5 9.5 × 10¹⁵ × 10¹⁵ × 4.5 × 10¹⁵ × 10⁹実施例6 5.1 × 10¹⁵ × 10¹⁵ × 1 × 10¹⁴ × 1 × 10¹¹実施例7 1 × 10¹⁷ × 4 × 10¹⁶ × 10¹⁶ 1.1 × 10²比較4.9 × 10¹⁵ 2.5 × 10¹⁵ 2.4 × 10¹⁵ × 1 × 10⁴ =実施例1比較1 × 10¹⁶ 2.5 × 10¹⁶ -1.5 × 10¹⁶ × 1 × 10⁻¹ E例2

A SiC substrate was manufactured in the same manner as in the example 1, except that 2 × 10⁻³ mol % of TiB₂ relative to the amount of substance of silicon in raw material 2, shown in FIG. 1, was mixed in, and the content of nitrogen in the mixed gas was made to be 1 × 10⁻² mol % of the content of silicon in the mixed gas. Then, the content of boron and nitrogen in this SiC substrate was measured in the same manner as in the example 1, and thus, the difference in content between boron and nitrogen was calculated. In addition, the resistivity of this SiC substrate was measured. The results are shown in Table 1. As shown in Table 1, the content of boron in this SiC substrate was 1 × 10¹⁶ atoms/cm³, and the content of nitrogen was 2.5 × 10¹⁶ atoms/cm³. In addition, the difference in content between boron and nitrogen was -1.5 × 10¹⁶ atoms/cm³. Furthermore, the resistivity of this SiC substrate was 1 × 10⁻¹ Ωcm.

TABLE 1 SiC single crystal

	Content (1)	Content (2)	Resistivity (per atoms/cm ³)
SiC substrate of boron	1 × 10 ¹⁶	2.5 × 10 ¹⁶	-1.5 × 10 ¹⁶
of nitrogen	1 × 10 ¹⁶	2.5 × 10 ¹⁶	1 × 10 ⁻¹
(1)-(2) (per atoms/cm ³)	1 × 10 ¹⁷	5 × 10 ¹⁶	5 × 10 ¹⁶
Resistivity (per atoms/cm ³)	1 × 10 ⁵	Example 1	1 × 10 ¹⁷
	5 × 10 ¹⁶	Example 2	1 × 10 ¹⁷
	5 × 10 ¹⁶	Example 3	8 × 10 ¹⁶
	1 × 10 ⁵	Example 4	2 × 10 ¹⁶
	Example 2	Example 5	1 × 10 ⁶
	2 × 10 ¹⁶	Example 6	2 × 10 ¹⁶
	1 × 10 ¹⁶	Example 7	1 × 10 ⁷
	1 × 10 ¹⁶	Comparison	1 × 10 ¹⁶
	1 × 10 ⁷	Example 1	5 × 10 ¹⁵
	Example 4	Comparison	9.5 × 10 ¹⁵
	1 × 10 ¹⁶	Example 2	5 × 10 ¹⁵
	5 × 10 ¹⁵	Example 3	4.5 × 10 ¹⁵
	5 × 10 ⁹	Example 4	5 × 10 ¹⁵
	Example 5	Example 6	5.1 × 10 ¹⁵
	5 × 10 ¹⁵	Example 7	5 × 10 ¹⁵
	1 × 10 ¹⁴	Comparison	1 × 10 ¹⁴
	1 × 10 ¹¹	Example 1	1 × 10 ¹¹
	Example 7	Comparison	1 × 10 ¹⁷
	1 × 10 ¹⁷	Example 2	4 × 10 ¹⁶
	4 × 10 ¹⁶	Example 3	6 × 10 ¹⁶
	6 × 10 ¹⁶	Example 4	1.1 × 10 ²
	1.1 × 10 ²	Example 5	4.9 × 10 ¹⁵
	Comparison	Example 6	2.5 × 10 ¹⁵
	4.9 × 10 ¹⁵	Example 7	2.4 × 10 ¹⁵
	2.5 × 10 ¹⁵	Comparison	2.4 × 10 ¹⁵
	2.4 × 10 ¹⁵	Example 1	1 × 10 ⁴
	1 × 10 ⁴	Comparison	1 × 10 ⁴
	Example 1	Example 2	1 × 10 ¹⁶
	Comparison	Example 3	2.5 × 10 ¹⁶
	1 × 10 ¹⁶	Example 4	-1.5 × 10 ¹⁶
	2.5 × 10 ¹⁶	Example 5	-1.5 × 10 ¹⁶
	-1.5 × 10 ¹⁶	Example 6	1 × 10 ⁻¹
	1 × 10 ⁻¹	Example 7	1 × 10 ⁻¹

[0053]

表1に示すように、表1に示すように、ホウ素の含有量が5 × 10¹⁵atoms / cm³以上である実施例1-7のSiC基板は、5 × 10¹⁵atoms / cm³未満であり、ホウ素の含有量は比較例1のSiC基板よりも

かなり高い抵抗率を有する窒素の含有量よりも多く、ホウ素および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基板の窒素含有量は 5×10^{15} atoms / cm³未満であり、

As shown in Table 1, SiC substrates of the examples 1 to 7, where, as shown in Table 1, the content of boron was no less than 5×10^{15} atoms/cm³, the content of nitrogen was no less than 5×10^{15} atoms/cm³, and the content of boron was greater than the content of nitrogen had resistivity that was considerably greater than that of the SiC substrate of Comparison Example 1, where the content of boron and the content of nitrogen were both less than 5×10^{15} atoms/cm³, and that of the SiC substrate of Comparison Example 2, where the content of boron was smaller than the content of nitrogen.

[0054]

また、表1に示すように、ホウ素と窒素の含有量の差が 5×10^{16} atoms / cm³以下である実施例1-6のSiC基板は、の差が 6×10^{16} atoms / cm³である実施例7のSiC基板の抵抗率よりもかなり高い抵抗率を有していた。

In addition, as shown in Table 1, SiC substrates of the examples 1 to 6, where, as shown in Table 1, the difference in content between boron and nitrogen was no greater than 5×10^{16} atoms/cm³, had resistivity that was considerably greater than that of the SiC substrate of the example 7, where the difference was 6×10^{16} atoms/cm³.

[0055]

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った。

In addition, as shown in Table 1, in the SiC substrates of the examples 1 to 7, the smaller the difference in content between boron and nitrogen was, the higher the resistivity of the SiC substrates tended to be.

[0056]

なお、上記の例では、金属ホウ化物としてTiB₂を用いたが、TiB₂以外の金属ホウ化物を用いた場合であっても、上記実施例と同様の効果が得られることは勿論である。

Here, though TiB₂ was used as a metal boride in the above-described example, the same effects as those in the above-described examples can, of course, be gained even in the case where a metal boride other than TiB₂ is used.

[0057]

以上説明したように、本発明によれば、p型SiC単結晶及び抵抗率の高いSiC基板を安定的に得ることができる。したがって、本発明は、高周波デバイス、特に半導体デバイスの分野で動作周波数の高いスイッチング素子に適用するのに適している。

As described above, according to the present invention, p type SiC single crystal and a SiC substrate having high resistivity can be stably gained. Accordingly, the present invention is appropriate for application to high frequency devices, in particular, switching elements having a high operation frequency in the field of semiconductor devices.

[0058]

【図面の簡単な説明】【図1】本発明の第1の実施の形態に係る半導体装置の製造方法を説明するための図である。添付の特許請求の範囲の用語。

Although the present invention has been described and illustrated in detail, it is clearly understood that the same is by way of illustration and example only and is not to be taken by way of limitation, the spirit and scope of the present invention being limited only by the terms of the appended claims.