

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2005 年 2 月 3 日 (03.02.2005)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2005/010243 A1(51) 国際特許分類: C30B 29/06,
13/12, H01L 21/324, 21/02, G01N 27/04[JP/JP]; 〒1000005 東京都千代田区丸の内 1 丁目 4 番
2 号 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/010489

(22) 国際出願日: 2004 年 7 月 23 日 (23.07.2004)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2003-281948 2003 年 7 月 29 日 (29.07.2003) JP
特願2003-281951 2003 年 7 月 29 日 (29.07.2003) JP
特願2003-281953 2003 年 7 月 29 日 (29.07.2003) JP(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 信越
半導体株式会社 (SHIN-ETSU HANDOTAI CO.,LTD.)

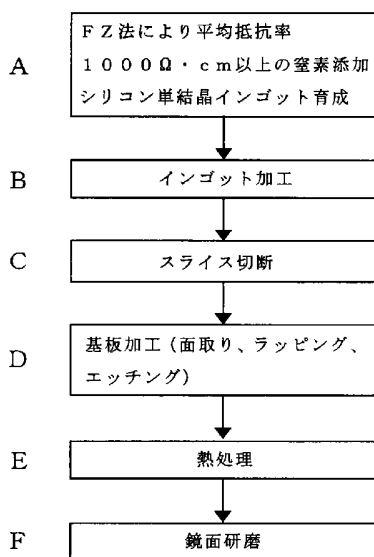
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 吉澤 健
(YOSHIZAWA, Ken) [JP/JP]; 〒9420157 新潟県中頸
城郡頸城村大字城野腰新田字砂原 3 9 8-5 番地 信
越半導体株式会社 犀潟工場内 Niigata (JP). 児玉 義博
(KODAMA, Yoshihiro) [JP/JP]; 〒9420157 新潟県中頸
城郡頸城村大字城野腰新田字砂原 3 9 8-5 番地 信
越半導体株式会社 犀潟工場内 Niigata (JP).(74) 代理人: 好宮 幹夫 (YOSHIMIYA, Mikio); 〒1110041
東京都台東区元浅草 2 丁目 6 番 4 号上野三生ビル
4 F Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: PROCESS FOR PRODUCING SILICON SINGLE CRYSTAL SUBSTRATE, METHOD OF MEASURING RESIS-
TANCE CHARACTERISTICS AND METHOD OF WARRANTING RESISTANCE CHARACTERISTICS

(54) 発明の名称: シリコン単結晶基板の製造方法及び抵抗特性測定方法並びに抵抗特性保証方法



A...GROW NITROGEN-DOPED SILICON SINGLE CRYSTAL INGOT
OF 1000 Ω·cm OR HIGHER AVERAGE RESISTIVITY ACCORDING TO
THE FZ METHOD
B...WORK INGOT
C...SLICE
D...SUBSTRATE PROCESSING (CHAMFERING, LAPPING AND
ETCHING)
E...HEAT TREATMENT
F...SPECULAR POLISHING

(57) Abstract: A process for producing a silicon single crystal substrate of 1000 Ω·cm or higher average resistivity, characterized by comprising growing a silicon single crystal ingot while adding nitrogen according to the FZ method; slicing the grown ingot into silicon single crystal substrates; and effecting heat treatment of the obtained substrates at 900 to 1250°C for 10 to 120 min. There are further provided methods of measuring and warranting the resistance characteristics of silicon single crystal substrates characterized in that after the above heat treatment, the resistivity and/or in-plane resistivity distribution of produced substrates is measured. As a result, with respect to nitrogen-doped silicon single crystal substrates of high resistivity exceeding 1000 Ω·cm, there can be provided a process for producing a silicon single crystal substrate in which no substantial resistivity change occurs even when heat treatment is conducted during the process of semiconductor element production, and provided methods of measuring and warranting the resistance characteristics of silicon single crystal substrates by which accurate warranting of the resistance characteristics of silicon single crystal substrate products can be attained.

(57) 要約: 本発明は、平均抵抗率 1000 Ω・cm 以上のシリコン単結晶基板を製造する方法であって、FZ法により窒素を添加しながらシリコン単結晶インゴットを育成し、該育成したインゴットを切断してシリコン単結晶基板を作製し、該作製した基板に、900～1250°Cの温度で10～120分の熱処理を行うことを特徴とするシリコン単結晶基

板の製造方法及び該熱処理を行った後、前記作製した基板の抵抗率及び／

[続葉有]

WO 2005/010243 A1



(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 *PCT* ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

又は面内抵抗率分布を測定することを特徴とするシリコン単結晶基板の抵抗特性測定方法及び保証方法である。これにより、窒素を添加した $1000\ \Omega \cdot \text{cm}$ を超える高抵抗率シリコン単結晶基板において、半導体素子製造工程中に熱処理を行っても抵抗率が大きく変化しないシリコン単結晶基板の製造方法及びシリコン単結晶基板製品の正確な抵抗特性保証を行うことを可能にするシリコン単結晶基板の抵抗特性測定方法及び抵抗特性保証方法が提供される。

明 細 書

シリコン単結晶基板の製造方法及び抵抗特性測定方法並びに抵抗特性保証方法

技術分野

[0001] 本発明は、窒素が添加された高抵抗率のシリコン単結晶基板の製造方法及び抵抗特性測定方法並びに抵抗特性保証方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、シリコン単結晶基板の製造またはこれを使用する半導体素子の製造においては、シリコン単結晶基板は不純物拡散、酸化工程、ゲッタリング処理等を目的として、600～1300℃前後の広範囲の温度範囲で熱処理をその工程中に受ける。

[0003] 一方、例えば1000℃以上の高温領域における熱処理の際にシリコン単結晶基板に発生する熱応力による転位発生の抑制、あるいは単結晶育成時における結晶欠陥の発生を防止する目的で、シリコン単結晶育成時に窒素を添加することが知られている。

[0004] ところが、窒素が添加されたシリコン単結晶基板は、熱処理を施すと、その抵抗率が熱処理前の値から変化することが知られている。このため、このような窒素が添加されたシリコン単結晶基板に、前述のような半導体素子の製造工程中の熱処理を行うと、抵抗率が変化し、製造する半導体素子の特性も変化してしまうという好ましくない問題があった。

[0005] このような問題点に対して、少なくとも半導体素子製造工程前に、シリコン単結晶基板に900～1250℃の温度で約10～60分の熱処理を行うことにより、半導体素子製造工程で行われる熱処理によっても抵抗率が変化しないシリコン単結晶基板の製造方法が開示されている(特許第2742247号公報)。

[0006] 一方、近年、基板面内での平均抵抗率が1000 $\Omega \cdot \text{cm}$ を超えるような高抵抗率のシリコン単結晶基板の需要が高まっている。ところが、熱処理前の抵抗率が3000 $\Omega \cdot \text{cm}$ のN型シリコン単結晶基板の場合、熱処理後の抵抗率が900 $\Omega \cdot \text{cm}$ 以上も変化す

る場合がある。このような高抵抗率の結晶の育成では、抵抗率の制御が非常に困難なものとなっていた。

[0007] ここで、シリコン単結晶基板の抵抗率評価の方法の一つとして、一枚の基板面内の抵抗率の分布である面内抵抗率分布を評価する方法がある。面内抵抗率分布を評価する指標として、RRG (Radial Resistivity Gradient) が主に用いられる。RRG とは、一枚のシリコン単結晶基板面内の任意の位置で測定した抵抗率測定群の中の最大値と最小値の差を、最小値で除した値を百分率で表したものである。すなわち、抵抗率の最大値を $\rho_{\max}$ 、最小値を $\rho_{\min}$ とすると、RRG は下記式で表される。

[0008] [数1]

$$\text{RRG (Radial Resistivity Gradient)} = \frac{\rho_{\max} - \rho_{\min}}{\rho_{\min}} \times 100\%$$

[0009] この値が小さいほど、シリコン単結晶基板の面内抵抗率分布はより均一であり、半導体素子製造工程において、一枚のシリコン単結晶基板から製造される半導体素子の各々の抵抗率は均一なものとなる。すなわち、RRG が小さいシリコン単結晶基板である程、均一な抵抗率の半導体素子の収率が高いので好ましい。

発明の開示

[0010] 本発明は、窒素を添加した、 $1000 \Omega \cdot \text{cm}$ を超えるような高抵抗率のシリコン単結晶基板において、半導体素子製造工程中に熱処理を行っても抵抗率が大きく変化しないシリコン単結晶基板の製造方法、及び、シリコン単結晶基板製品の正確な抵抗特性保証を行うことを可能にするシリコン単結晶基板の抵抗特性測定方法及び抵抗特性保証方法を提供することを目的とする。

尚、ここで抵抗特性とは、抵抗率、面内抵抗率分布等を意味する。

[0011] 上記目的達成のため、本発明は、平均抵抗率が $1000 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上のシリコン単結晶基板を製造する方法であって、少なくとも、フローティングゾーン法 (FZ 法) により窒素を添加しながらシリコン単結晶インゴットを育成し、該育成したシリコン単結晶インゴ

ットを切断してシリコン単結晶基板を作製し、該作製したシリコン単結晶基板に、900～1250℃の温度で10～120分の熱処理を行うことを特徴とするシリコン単結晶基板の製造方法を提供する。

[0012] このように、高抵抗率のシリコン単結晶基板の作製に適するFZ法により窒素を添加しながら育成したシリコン単結晶インゴットを切断して作製した面内の平均抵抗率が1000Ω・cm以上のシリコン単結晶基板に、900～1250℃の温度で10～120分の熱処理を行えば、添加した窒素のドナーとしての作用を消去し、その後の半導体素子製造工程等での熱処理においても抵抗率が大きく変化しないシリコン単結晶基板を製造することができる。

[0013] このとき、前記シリコン単結晶インゴットに添加する窒素濃度を 3×10^{14} atoms/cm³以上とすることが好ましい。

このように育成中にシリコン単結晶インゴットに添加する窒素濃度が 3×10^{14} atoms/cm³以上であれば、窒素のドナーとしての抵抗率に対する寄与が大きいいため、その作用を消去する熱処理を行うことにより抵抗率変化の抑制効果もより高いものとなる。

尚、シリコン単結晶に添加する窒素濃度が 5×10^{15} atoms/cm³を超えると単結晶化しなくなり、 1×10^{15} atoms/cm³以下とすることで確実に無転位化した単結晶を育成できる。

[0014] また、前記シリコン単結晶基板に行う熱処理を、ウェット酸素雰囲気、ドライ酸素雰囲気、窒素雰囲気のいずれか1つの雰囲気下で行うことが好ましい。

このように、前記熱処理をウェット酸素雰囲気、ドライ酸素雰囲気、窒素雰囲気のいずれか1つの雰囲気下で行うことにより、窒素のドナーとしての作用の消去を効果的に行うことができる。

[0015] また、本発明は、フローティングゾーン法(FZ法)により育成されたシリコン単結晶インゴットから作製した面内の平均抵抗率が1000Ω・cm以上のシリコン単結晶基板の抵抗特性を測定する方法であって、窒素を添加しながらシリコン単結晶インゴットを育成し、該育成したシリコン単結晶インゴットを切断してシリコン単結晶基板を作製し、該作製したシリコン単結晶基板に、900～1250℃の温度で10～120分の熱処理

を行った後、前記作製したシリコン単結晶基板の抵抗率及び／又は面内抵抗率分布を測定することを特徴とするシリコン単結晶基板の抵抗特性測定方法を提供する。

- [0016] このように、高抵抗率のシリコン単結晶基板の作製に適するFZ法により窒素を添加しながら育成したシリコン単結晶インゴットを切断して作製した面内の平均抵抗率が $1000\ \Omega\cdot\text{cm}$ 以上のシリコン単結晶基板に、 $900\sim 1250^\circ\text{C}$ の温度で $10\sim 120$ 分の熱処理を行った後、前記作製したシリコン単結晶基板の抵抗率及び／又は面内抵抗率分布を測定すれば、添加した窒素のドナーとしての作用が消去された後の抵抗特性(抵抗率及び／又は面内抵抗率分布)を測定することとなる。従って $1000\ \Omega\cdot\text{cm}$ 以上のような高抵抗率のシリコン単結晶基板であっても、抵抗特性はその後の半導体素子製造工程等での熱処理においても前記測定した抵抗特性から大きく変化しないので、シリコン単結晶基板製造において正確な抵抗特性保証が可能になる。

- [0017] このとき、前記シリコン単結晶インゴットに添加する窒素濃度を $3\times 10^{14}\ \text{atoms}/\text{cm}^3$ 以上とすることが好ましい。

このように育成中にシリコン単結晶インゴットに添加する窒素濃度が $3\times 10^{14}\ \text{atoms}/\text{cm}^3$ 以上であれば、欠陥等の発生防止効果が高いとともに、窒素のドナーとしての抵抗特性に対する寄与が大きいため、その作用を消去する熱処理を行うことにより抵抗特性変化の抑制効果もより高いものとなり、本発明に従う抵抗特性測定方法によってより正確な抵抗特性の保証が可能となる。

- [0018] また、前記シリコン単結晶基板に行う熱処理を、ウェット酸素雰囲気、ドライ酸素雰囲気、窒素雰囲気のいずれか1つの雰囲気下で行うことが好ましい。

このように、前記熱処理をウェット酸素雰囲気、ドライ酸素雰囲気、窒素雰囲気のいずれか1つの雰囲気下で行うことにより、窒素のドナーとしての作用の消去を効果的に行うことができるので、その後より正確かつ迅速に抵抗特性を測定することができる。

- [0019] また、本発明は、前記いずれかのシリコン単結晶基板の抵抗特性測定方法により測定された測定値を前記作製したシリコン単結晶基板の抵抗率及び／又は面内抵抗率分布の保証値として用いることを特徴とするシリコン単結晶基板の抵抗特性保証方法を提供する。

- [0020] このように、前記の抵抗特性測定方法によって測定されたシリコン単結晶基板の抵抗特性は、半導体素子製造工程等でシリコン単結晶基板に熱処理が施されても変化しない値であるので、これをシリコン単結晶基板製品の保証値として用いることは信頼度の高い抵抗特性の保証方法となる。
- [0021] 本発明に従い、平均抵抗率が $1000\ \Omega\cdot\text{cm}$ 以上のシリコン単結晶基板を製造する際に、少なくとも、フローティングゾーン法(FZ法)により窒素を添加しながらシリコン単結晶インゴットを育成し、該育成したシリコン単結晶インゴットを切断してシリコン単結晶基板を作製し、該作製したシリコン単結晶基板に、 $900\sim 1250^{\circ}\text{C}$ の温度で $10\sim 120$ 分の熱処理を行えば、転位や結晶欠陥の発生の抑制のために添加した窒素のドナーとしての作用の消去をあらかじめ行うことができるので、その後にシリコン単結晶基板が半導体素子製造工程等で様々な熱処理を受けても、平均抵抗率が $1000\ \Omega\cdot\text{cm}$ 以上の場合に発生するシリコン単結晶基板の抵抗率の大きな変化を抑制することができる。
- [0022] また、本発明に従い、FZ法により育成され、育成中に窒素を添加したシリコン単結晶インゴットをスライス切断して作製した、面内の平均抵抗率が $1000\ \Omega\cdot\text{cm}$ 以上のシリコン単結晶基板の抵抗特性を測定する際に、 $900\sim 1250^{\circ}\text{C}$ の温度で $10\sim 120$ 分の熱処理を行った後、前記作製したシリコン単結晶基板の抵抗率及び／又は面内抵抗率分布を測定するようにすれば、添加した窒素のドナーとしての作用が消去された後の抵抗特性を測定することになり、シリコン単結晶基板の抵抗特性はその後の半導体素子製造工程等での熱処理においても前記測定した抵抗特性から大きく変化しないので、 $1000\ \Omega\cdot\text{cm}$ 以上のような高抵抗率のシリコン単結晶基板の製造においても正確な抵抗特性の保証が可能になる。従ってこのように測定した抵抗特性を保証値として用いれば信頼度の高い抵抗特性の保証方法となる。

図面の簡単な説明

- [0023] [図1]本発明に従ったシリコン単結晶基板の製造工程の一例を示す図である。
- [図2]本発明に従ったシリコン単結晶基板の抵抗率及び／又は面内抵抗率分布測定工程の一例を示す図である。

[図3]本発明の実施例1における、熱処理によるシリコン単結晶基板の面内抵抗率分布の変化を示すグラフである。

[図4]本発明の実施例2における、N型又はP型のシリコン単結晶基板についての熱処理前の面内平均抵抗率に対する熱処理後の面内平均抵抗率を示すグラフである。

[図5]本発明の実施例3における、熱処理前のシリコン単結晶基板の面内抵抗率分布を示すグラフである。

[図6]本発明の実施例3における、熱処理後のシリコン単結晶基板の面内抵抗率分布を示すグラフである。

[図7]本発明の実施例4における、サンプルA～Dの熱処理前後の面内抵抗率分布を示すグラフである。

[図8]本発明の実施例4における、シリコン単結晶基板の熱処理前の面内平均抵抗率に対する熱処理後のRRG変化を示すグラフである。

発明を実施するための最良の形態

[0024] 以下では、本発明の実施の形態について説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。

本発明者らの調査によると、窒素を添加したシリコン単結晶基板において半導体製造工程中の熱処理により発生する抵抗率の変化は、シリコン単結晶基板の熱処理前の抵抗率が高いほど大きくなる。そして、近年需要が高まっている平均抵抗率が1000 $\Omega \cdot \text{cm}$ のシリコン単結晶基板においてはこの抵抗率の変化が顕著であり、特に熱処理前の抵抗率が3000 $\Omega \cdot \text{cm}$ を越えるものでは、熱処理前後の抵抗率の乖離が著しく大きくなっていた。

[0025] 例えば、熱処理前の抵抗率が3000 $\Omega \cdot \text{cm}$ のN型シリコン単結晶基板の場合、熱処理後に抵抗率が30%以上、すなわち900 $\Omega \cdot \text{cm}$ 以上も変化する場合があった。また、10000 $\Omega \cdot \text{cm}$ のものでは、100%の変化率に達する場合があった。すなわち、熱処理前の抵抗率が10000 $\Omega \cdot \text{cm}$ のN型シリコン単結晶基板の場合には、熱処理により抵抗率が20000 $\Omega \cdot \text{cm}$ に達する場合があった。従ってそのようなシリコン単結晶基板を用いた半導体素子製造工程においては、例えば抵抗率が10000 $\Omega \cdot \text{cm}$ の

シリコン単結晶基板を基にした設計の半導体素子製造工程を施しても、工程中の熱処理により抵抗率が $20000\ \Omega \cdot \text{cm}$ となる場合があり、その結果製造した半導体素子の特性が設計通りにならないといった問題を生じる。従って、半導体素子製造工程前に測定した抵抗率は信頼度の低い値となってしまう。

[0026] 一方、シリコン単結晶基板の製造工程においては、例えば抵抗率が $20000\ \Omega \cdot \text{cm}$ となるようにN型不純物が添加されるよう設計してシリコン単結晶インゴットを育成したとしても、シリコン単結晶インゴットをスライス切断してシリコン単結晶基板を作製した時点での抵抗率が $10000\ \Omega \cdot \text{cm}$ となる場合があり、設計の精度の保証ができないといった問題を生じる。このような高抵抗率の結晶の育成では、わずかなドナーの発生でも抵抗率への影響が大きく、問題となることが判った。特に $1000\ \Omega \cdot \text{cm}$ 以上で問題が大きくなることが判った。

[0027] ここで面内抵抗率分布に着目すると、例えば熱処理前の平均抵抗率が $8000\ \Omega \cdot \text{cm}$ のN型シリコン単結晶基板の場合、熱処理前はRRGが50%程度の値であったものが、熱処理後には20%程度にまで減少する場合があった。この場合、熱処理前と後のRRGの差は30%である。また、 $10000\ \Omega \cdot \text{cm}$ のものでは、熱処理前と後でのRRGの差が60%にも達する場合があった。このようにシリコン単結晶基板の平均抵抗率が高いほど面内抵抗率分布の変化率も高いので、正確な面内抵抗率分布の品質保証を大きく阻害する要因となる。

[0028] 従ってそのようなシリコン単結晶基板を用いた半導体素子製造工程においては、例えばRRGが50%の面内抵抗率分布をもつシリコン単結晶基板を基にした設計の半導体素子製造工程を施しても、工程中の熱処理によりRRGが20%程度となる場合があり、その結果製造した半導体素子の特性が設計通りにならないといった問題を生じる。さらに、RRGを不適当に高く見積もってしまうことにより、均一な抵抗率をもつ半導体素子の製品収率を不適当に低く見積もってしまう可能性もある。従って、半導体素子製造工程前に測定したRRG等の面内抵抗率分布の値は信頼度の低い値となってしまう。

[0029] 一方、シリコン単結晶基板の製造工程においては、例えば基板の製品規格値がRRGで20%以下であるような場合に、ある基板の測定したRRGが50%であれば規格

外であるが、そのような基板であってもその後の熱処理でRRGが低下して規格値を満たすような場合が起こる。そのような場合には面内抵抗率分布の値が信頼度の低い値となるだけでなく、シリコン単結晶基板製品の収率を著しく悪化させてしまうことになる。

[0030] このようなRRGの変化が起こる理由は以下のようなものと考えられる。窒素は転位や結晶欠陥の抑制のために添加されるが、N型ドナーとしても作用する。ここで窒素は、単結晶成長時の境界拡散層の不均一分布及び温度分布の不均一性により基板面内に不均一に含まれているため、結果として面内抵抗率分布が不均一になっている。このときRRGも大きい値となる。この現象はシリコン単結晶基板の抵抗率が高いほど、結晶に本来抵抗率調整のために添加されるドナーの量が少ないため、それに対するドナーとして作用する窒素の量の比率が大きくなるので影響が大きく、ドナー消去熱処理による面内抵抗率分布の変動が大きくなる。このような窒素の分布の不均一性は、FZ法により育成されたシリコン単結晶インゴットから作製されたシリコン単結晶基板において特に顕著である。また、シリコン単結晶インゴットの直径が100mm、150mmと大きくなるにつれてさらに顕著なものとなる。

[0031] 以上の点に鑑み、本発明者らは、シリコン単結晶基板に900～1250℃の温度で10～120分の熱処理を行えば、窒素を添加した平均抵抗率1000 $\Omega \cdot \text{cm}$ 以上の高抵抗率のシリコン単結晶基板であっても、その後の半導体素子製造工程等で熱処理を行っても前述のような著しい抵抗率の変化が発生しないことを見出した。

また、このように900～1250℃の温度で10～120分の熱処理を行った後に抵抗率や面内抵抗率分布等の抵抗特性の測定を行えば、その後の半導体素子製造工程等で熱処理を行っても前述のような著しい抵抗特性の変化が発生しないようにすることができ(熱処理してから抵抗特性を測定することになり)、信頼度の高い抵抗特性保証ができることを見出し、本発明を完成させた。

[0032] 以下では、本発明の一例を図を参照して詳細に説明する。

図1は、本発明に従ったシリコン単結晶基板の製造工程の一例を示す図であり、図2は、本発明に従ったシリコン単結晶基板の抵抗率及び／又は面内抵抗率分布測定工程の一例を示す図である。はじめに、図1を用いて、シリコン単結晶基板の製造

工程について説明する。

- [0033] まず、従来のFZ法による単結晶製造装置により抵抗率を $1000\ \Omega\cdot\text{cm}$ 以上の所望の値に設定してシリコン単結晶インゴットを育成する(図1A)。抵抗率を所望の値とするためにN型またはP型の不純物を育成中に添加することもできる。例えば PH_3 、 SbH_3 、 AsH_3 等の原料ガスをアルゴンガス等のキャリアガスで希釈して熔融帯に吹き付けることによりN型不純物であるP、Sb、Asを添加することができる。P型不純物であるBを添加するには B_2H_6 等を原料ガスとすればよい。
- [0034] そして、シリコン単結晶インゴットの育成中に、単結晶製造装置の炉内をアルゴンガス又はアルゴンと水素の混合ガスからなる雰囲気ガスで満たし、そこに窒素ガス又は窒素を含む化合物ガスを混合することにより、シリコン単結晶インゴットに窒素を添加する。窒素を含む化合物ガスとしてはアンモニア、ヒドラジン、三フッ化窒素等のガスを用いることができる。このとき添加される窒素は、シリコン単結晶インゴット育成時にスワールやD欠陥等の結晶欠陥が発生するのを防止し、またシリコン単結晶基板に熱処理を加えた際に熱応力により発生する転位を抑制する作用がある。特に添加する窒素濃度が $3\times 10^{14}\ \text{atoms}/\text{cm}^3$ 以上であれば、上記の結晶欠陥や転位の抑制に十分な濃度であり、かつ後述する本発明の効果を十分なものとすることができる。
- [0035] このとき添加される窒素は、境界拡散層の不均一分布及び温度分布の不均一性等により、面内に不均一に含まれる。このため、窒素のドナーとしての作用により、面内抵抗率分布が不均一となる原因となる。特にシリコン単結晶インゴットをFZ法により育成する場合、FZ法では熔融帯の融液容量が比較的小さく自然対流により添加物が単結晶に不均一に取り込まれやすいので、不均一性が顕著になる。
- [0036] 次に、このようにして育成したシリコン単結晶インゴットを円筒ブロック状に切断し、外径研削した後に必要に応じてオリエンテーションフラット加工を施す(図1B)。そしてこのようにして加工したシリコン単結晶インゴットを内周刃スライサーやワイヤソー等を用いて所定の厚さにスライス切断してシリコン単結晶基板を作製する(図1C)。このように作製したシリコン単結晶基板に基板加工を施す(図1D)。具体的には、基板周辺のカケやチップを防ぐための面取り加工や、基板表面の平坦度と面平行度を高めるためのラッピング加工であり、その後エッチング処理して上記機械加工プロセス

で生じた表面の破碎層を除去する。さらに必要に応じて半導体素子製造工程で行われるゲッタリング熱処理の準備工程として裏面ゲッタリング処理を行う。この裏面ゲッタリング処理は、数〜数十 μm の粒径の SiO_2 で基板裏面をサンドブラस्टイングあるいは回転研磨して機械的ダメージ層を導入することより行うことができる。これらの工程はいずれも従来知られた方法で行うことができるものである。このようにして作製されたシリコン単結晶基板に後述する熱処理を行い(図1E)、その後表面を鏡面研磨してシリコン単結晶基板を製造する(図1F)。

[0037] 前述の熱処理(図1E)は900〜1250℃の温度で10〜120分間行うことが好ましい。このような温度であれば、熱処理時間が長時間に及ぶことがなく、また加熱冷却時に熱応力により結晶欠陥が発生する可能性を小さくすることができるので特に好適である。熱処理の際の昇温速度については、例えば毎分1℃〜10℃とすることができるが、熱処理を受けるシリコン単結晶基板が急激な昇温により発生する熱応力によりスリップが発生したり、極端なケースでは破壊されたり、あるいは結晶性が劣化したりしない限り自由に選ぶことができる。

[0038] シリコン単結晶基板がN型の場合、この熱処理により抵抗率が上昇する。すなわち、N型シリコン単結晶基板の場合は、添加された窒素が添加されたN型不純物と同様にドナーとして作用するため、本来シリコン単結晶基板にN型不純物により与えられる抵抗率と比較して見かけの抵抗率が低い事に由来すると推測される。この場合、熱処理を行うことにより窒素のドナーとしての作用が消去され、シリコン単結晶基板本来の抵抗率に回復した結果、抵抗率が上昇したように見える。このようにシリコン単結晶基板の抵抗率がN型不純物により与えられる本来の抵抗率に回復すれば、その後シリコン単結晶基板に半導体素子製造工程等で熱処理を行っても、抵抗率は変化しない。

[0039] さらにドナーとしての窒素は、単結晶成長時の境界拡散層の不均一分布及び温度分布の不均一性により基板面内に不均一に含まれているため、結果として面内抵抗率分布が不均一になっており、そのためRRGも大きい値を示す。この現象は特にFZ法で単結晶を育成した場合に顕著である。しかし前記熱処理を行うことにより基板面内に不均一に分布していた窒素のドナーとしての作用が消去され、シリコン単結晶基

板本来の面内抵抗率分布が顕在した結果、RRGが低下する。この現象はシリコン単結晶基板の抵抗率が高いほど、結晶に本来抵抗率調整のために添加されるN型不純物の量が少なく、それに対するドナーとして作用する窒素の量の比率が大きくなるため影響が大きく、ドナー消去による面内抵抗率分布の変動が大きくなる。このようにシリコン単結晶基板のRRGがN型不純物により与えられる本来のRRGに回復すれば、その後シリコン単結晶基板に半導体素子製造工程等で熱処理を行っても、RRGは変化しない。

[0040] 一方、シリコン単結晶基板がP型の場合、この熱処理により抵抗率が低下する。すなわち、P型シリコン単結晶基板の場合は、アクセプターとしてのP型不純物の方が優勢であることから、添加された窒素がドナーとして抵抗率にP型不純物とは逆の寄与をするために、本来シリコン単結晶基板にP型不純物により与えられる抵抗率と比較して見かけの抵抗率が上昇していることになる。従って、熱処理を行うことにより窒素のドナーとしての作用が消去され、シリコン単結晶基板本来の抵抗率に回復した結果、抵抗率が低下したように見える。このようにシリコン単結晶基板の抵抗率がP型不純物により与えられる本来の抵抗率に回復すれば、その後シリコン単結晶基板に半導体素子製造工程等で熱処理を行っても、抵抗率は変化しない。

[0041] この場合も、ドナーとしての窒素が基板面内に不均一に含まれているため、結果として面内抵抗率分布が不均一になっており、そのためRRGも大きい値を示す。しかし前記熱処理を行うことにより不均一に分布していた窒素のドナーとしての作用が消去され、シリコン単結晶基板本来の面内抵抗率分布が顕在した結果、RRGが低下する。

[0042] いずれの場合でも、平均抵抗率が $1000\ \Omega \cdot \text{cm}$ 以上のような高抵抗率の場合は、N型またはP型不純物の濃度が比較的小さいため、転位や結晶欠陥の発生を抑制するために添加された窒素がドナーとして見かけの抵抗率及び面内抵抗率分布に寄与する割合が大きい。従ってこのような熱処理により窒素のドナーとしての作用を消去してシリコン単結晶基板の抵抗率を本来の抵抗率及び面内抵抗率分布に回復させる効果も著しく高いことになる。特に窒素濃度が $3 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$ 以上であれば、窒素のドナーとしての見かけの面内抵抗率分布に対する寄与が十分に大きい

め、熱処理の効果はより高いものになる。また、シリコン単結晶基板の直径が大きいほど窒素の不均一な分布による面内抵抗率分布の不均一性が大きく、RRGも大きくなる傾向があるので、熱処理によりRRGを本来の値に回復させる効果が高いものとなる。

[0043] また、熱処理を行う際には、ウェット酸素雰囲気、ドライ酸素雰囲気、窒素雰囲気のいずれか1つの雰囲気下でおこなうことが好ましい。これらの雰囲気下であれば、熱処理を効果的に行うことができる。窒素を添加したシリコン単結晶基板内では、窒素分子が原子空孔と複合体を形成してドナーとして作用していると考えられるが、酸素雰囲気下で熱処理すると、シリコン単結晶基板の表面に SiO_2 膜が形成されることにより格子間Siが内方拡散され、原子空孔が消滅し、ドナー作用が消去される。ウェット酸素雰囲気とドライ酸素雰囲気では、ウェット酸素雰囲気の方が SiO_2 膜の形成速度が速いので、熱処理がより効果的となる。窒素雰囲気の場合は、ドナー作用の消去に関して、格子間Siの内方拡散のみならず原子空孔の外方拡散による効果が大きいものと推測される。

[0044] 次に、図2を用いて、シリコン単結晶基板の抵抗率及び／又は面内抵抗率分布測定工程について説明する。図2A～図2Eの工程については前記の図1A～図1Eの工程と同一である。

[0045] そして、このようにして熱処理を行なった(図2E)シリコン単結晶基板の抵抗率及び／又は面内抵抗率分布等の抵抗特性を測定する(図2F)。抵抗特性は例えば四探針法、広がり抵抗法、ホール効果法等で行うことができ、抵抗率の均一性の指標としてRRG等を用いることができる。前述のように本発明では熱処理により抵抗率はN型又はP型不純物により与えられる本来の抵抗率に回復しているので、この時測定した抵抗特性は、その後の半導体素子製造工程等で施される様々な熱処理の後の抵抗特性とほぼ同一である。従ってこのように熱処理後に抵抗特性を測定すれば、例えば半導体素子製造工程等で素子特性の設計をする場合などにこのように測定した抵抗率やRRG等を保証値として用いることができ、 $1000\ \Omega \cdot \text{cm}$ 以上の高抵抗率であっても、製造工程中の熱処理により素子特性が変化せずに、設計どおりの素子製造が可能となる。

[0046] またシリコン単結晶基板の製造工程においては、このような熱処理後に測定した抵抗特性を用いて製造設計を行えばより設計精度の高い製造工程とすることができる。また、シリコン単結晶基板の製造ロットの抵抗率及び／又はRRGを、ロットから適宜選択したシリコン単結晶基板の抵抗率及び／又はRRGで代表させて保証するような場合でも、その代表させる基板をこのように熱処理した後に抵抗率及び／又はRRGを測定し、それを保証値として用いることにより、その製造ロットの全てのシリコン単結晶基板を熱処理して抵抗率及び／又はRRGを測定しなくても、それらのシリコン単結晶基板の本来の抵抗率及び／又はRRGを保証することが可能になる。

[0047] 以下に本発明の実施例をあげてさらに具体的に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

(実施例1)

直径125mmのN型シリコン単結晶インゴットをFZ法により育成し、育成中に窒素ガスにより窒素を添加した。このときの添加された窒素の全てがドナーとして作用するわけではないが、少なくともドナーとして作用する窒素の濃度は後述するように約5ppta ($=2.5 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$)と見積もられる。次に、該育成したシリコン単結晶インゴットをスライス切断して面方位{111}のシリコン単結晶基板を作製した。該作製したシリコン単結晶基板の面内の抵抗率分布を測定したところ、面内の平均抵抗率(Rave)は $1585 \Omega \cdot \text{cm}$ であった。

[0048] 前記作製したシリコン単結晶基板にドライ酸素雰囲気下で、 1200°C 、100分の熱処理を行った。該熱処理後のシリコン単結晶基板の面内の抵抗率分布を測定したところ、面内の平均抵抗率(Rave)は熱処理前の平均抵抗率より8.9%程度上昇し、 $1727 \Omega \cdot \text{cm}$ であった。この後シリコン単結晶基板に試験的に $600 \sim 1300^\circ\text{C}$ の熱処理を行ったが、面内の平均抵抗率は $1727 \Omega \cdot \text{cm}$ からほとんど変化しなかった。この結果から、このシリコン単結晶基板の抵抗率の保証値を $1727 \Omega \cdot \text{cm}$ とした。

[0049] 図3は上記熱処理によるシリコン単結晶基板の面内抵抗率分布の変化を示すグラフである。横軸はシリコン単結晶基板の中心からの距離(mm)を示し、縦軸は抵抗率($\Omega \cdot \text{cm}$)を示す。上記のようなドライ酸素雰囲気下で 1200°C 、100分の熱処理を行

うことにより特にシリコン単結晶基板の中心部で抵抗率が大きく上昇する様子が示されている。前述のように、本実施例では、上昇後の抵抗率である $1727\ \Omega\cdot\text{cm}$ をこのシリコン単結晶基板の抵抗率の保証値とした。なお、このときの抵抗率の上昇は窒素のドナーとしての作用の消去によるものと考えられるので、シリコン単結晶インゴット育成中に添加された窒素によるドナー濃度は前述のように約5pptと見積もられる。

[0050] (実施例2)

直径125mmのN型又はP型シリコン単結晶インゴットをFZ法により育成し、育成中に窒素ガスにより窒素を添加した。このときの添加された窒素のうち、少なくともドナーとして作用する窒素の濃度は後述するように約5pptと見積もられる。該育成したシリコン単結晶インゴットをスライス切断して面方位{111}のシリコン単結晶基板を作製した。このようにしてN型又はP型シリコン単結晶基板を様々な抵抗率でそれぞれ40枚又は10枚だけ作製した。このように作製したシリコン単結晶基板の面内の平均抵抗率を測定し、これらのシリコン単結晶基板にドライ酸素雰囲気下で、 1200°C 、100分の熱処理を行い、その後に再び面内の平均抵抗率を測定した。

[0051] 図4は、上記のN型又はP型のシリコン単結晶基板についての、熱処理前の面内平均抵抗率に対する熱処理後の面内平均抵抗率を示すグラフである。黒丸又は黒四角で表された点はそれぞれ上記で測定した熱処理後のN型又はP型のシリコン単結晶基板の面内平均抵抗率の実測値を示し、実線はドナーとして作用する窒素の濃度が5pptであると仮定した場合の熱処理後の面内平均抵抗率の理論値を示す。熱処理後のN型又はP型のシリコン単結晶基板の面内平均抵抗率の実測値はそれぞれ、前述した窒素のドナー作用の消去の効果により上昇又は低下している。実測値は理論値とほぼ適合する結果となっており、シリコン単結晶インゴット育成中に添加された窒素によるドナー濃度は前述のように約5pptと見積もられる。また、図4に示されるように、熱処理前の抵抗率が高ければ高いほど熱処理後の抵抗率の変化率が大きく、 $1000\ \Omega\cdot\text{cm}$ 以上の抵抗率において熱処理が必要であり、特に熱処理前の抵抗率で $3000\ \Omega\cdot\text{cm}$ を越えると熱処理前後の抵抗率の乖離が大きくなり、本発明に従って $900\sim 1250^{\circ}\text{C}$ の温度で10～120分の熱処理を行い、窒素のドナーとしての作用を消去することにより、シリコン単結晶基板の抵抗率はN型又はP型不純

物により与えられる本来の抵抗率に回復するので、その後の工程中にシリコン単結晶基板の抵抗率の変化を抑制することができる。そして、本発明に従う熱処理後にシリコン単結晶基板の抵抗率測定を行ってそれを保証値とすれば、その保証値を信頼度の高いものとできる。

[0052] (実施例3)

直径125mmのN型シリコン単結晶インゴットをFZ法により育成し、育成中に窒素ガスにより窒素を添加した。次に、該育成したシリコン単結晶インゴットをスライス切断して面方位{111}のシリコン単結晶基板を作製し、面内抵抗率分布を測定した。図5はこのようにして測定した面内抵抗率分布を示すグラフである。横軸は測定点の基板上の位置を示し、Ctrは基板中心位置、R/2は基板中心から基板半径の1/2の位置、そしてEdgeは基板周辺位置を示す。また縦軸は抵抗率を示す。この結果からRRGを算出したところ、RRG=56.6%であった。

[0053] 次に、前記作製したシリコン単結晶基板にドライ酸素雰囲気下で1200℃、100分の熱処理を行った後、面内の抵抗率分布を測定した。図6はこのようにして測定した面内抵抗率分布を示すグラフである。この測定結果からRRGを算出したところ、RRG=13.6%であった。この後シリコン単結晶基板に試験的に600～1300℃の熱処理を行ったが、RRGは13.6%からほとんど変化しなかった。この結果から、このシリコン単結晶基板のRRGの保証値を13.6%とした。

[0054] (実施例4)

直径125mmのN型シリコン単結晶インゴットをFZ法により育成し、育成中に窒素ガスにより窒素を添加した。そして該育成したシリコン単結晶インゴットをスライス切断して面方位{111}のシリコン単結晶基板を作製した。このようにしてN型シリコン単結晶基板を1000～11000Ω・cmの様々な抵抗率で48枚だけ作製した。このように作製したシリコン単結晶基板各々の面内の平均抵抗率及びRRGを測定し、これらのシリコン単結晶基板にドライ酸素雰囲気下で1200℃、100分の熱処理を行い、その後に再び面内の平均抵抗率及びRRGを測定した。

[0055] 図7は、前記作製したシリコン単結晶基板の内の4つのサンプルA、B、C、Dについて、熱処理前後の面内抵抗率分布を示すグラフである。いずれも横軸は測定点の基

板上の位置を示し、縦軸は抵抗率を示す。いずれのサンプルにおいても、熱処理により窒素のドナー作用が消去し、面内抵抗率の上昇及びRRGの降下が観測された。例えば熱処理前の平均抵抗率が $5700\ \Omega\cdot\text{cm}$ であるサンプルAに関しては、熱処理前のRRGが38.8%であったのに対して、熱処理後のRRGは19.6%であり、熱処理によるRRGの変化量が19.2%であった。すなわち、サンプルAに対して本発明に従って熱処理をしなければ、後工程である半導体素子製造工程において工程中の熱処理によりRRGが19.2%も変化してしまう可能性があるが、本発明に従ってサンプルAにドライ酸素雰囲気下で 1200°C 、100分の熱処理を行い、その後測定したRRGをサンプルAのRRG保証値にすることにより、半導体素子製造工程により変化しないとともに、十分に小さな値のRRGを保証値とすることができる。

[0056] 図8は前記作製したシリコン単結晶基板の熱処理前の面内平均抵抗率に対する、熱処理後のRRGの変化、すなわち当該シリコン単結晶基板の熱処理前のRRGと熱処理後のRRGの差を示すグラフである。縦軸の負の値は熱処理後にRRGが小さくなったことを示す。図8に示すように、熱処理前の面内平均抵抗率が高くなるほど熱処理後のRRGの変化が大きかった。図8には比較のため、面内平均抵抗率 $1000\ \Omega\cdot\text{cm}$ 未満の場合のデータも合わせてプロットしたが、これを見ると、 $1000\ \Omega\cdot\text{cm}$ 未満であれば、熱処理前後でそれ程RRGの変化は大きくないが、 $1000\ \Omega\cdot\text{cm}$ 以上ではRRGの変化が大きくなり、熱処理が必要であることが判る。特に $3000\ \Omega\cdot\text{cm}$ 以上では10%以上変化する可能性がある。従って、本発明に従って、 $900\sim 1250^{\circ}\text{C}$ の温度で10～120分の熱処理を行った後にRRGを測定すれば、平均抵抗率 $1000\ \Omega\cdot\text{cm}$ 以上の高抵抗率のシリコン単結晶基板であっても、面内抵抗率分布の保証がより正確で信頼度が高いものとなる。また、本発明の効果は、平均抵抗率が高ければ高いほど顕著になる。

以上、実施例1～4で育成したシリコン単結晶インゴットの窒素濃度はいずれも $4\times 10^{14}\sim 1\times 10^{15}\ \text{atoms}/\text{cm}^3$ の間にあることをFTIR(フーリエ変換赤外分光光度計)装置により確認された。

[0057] なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は単な

る例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。

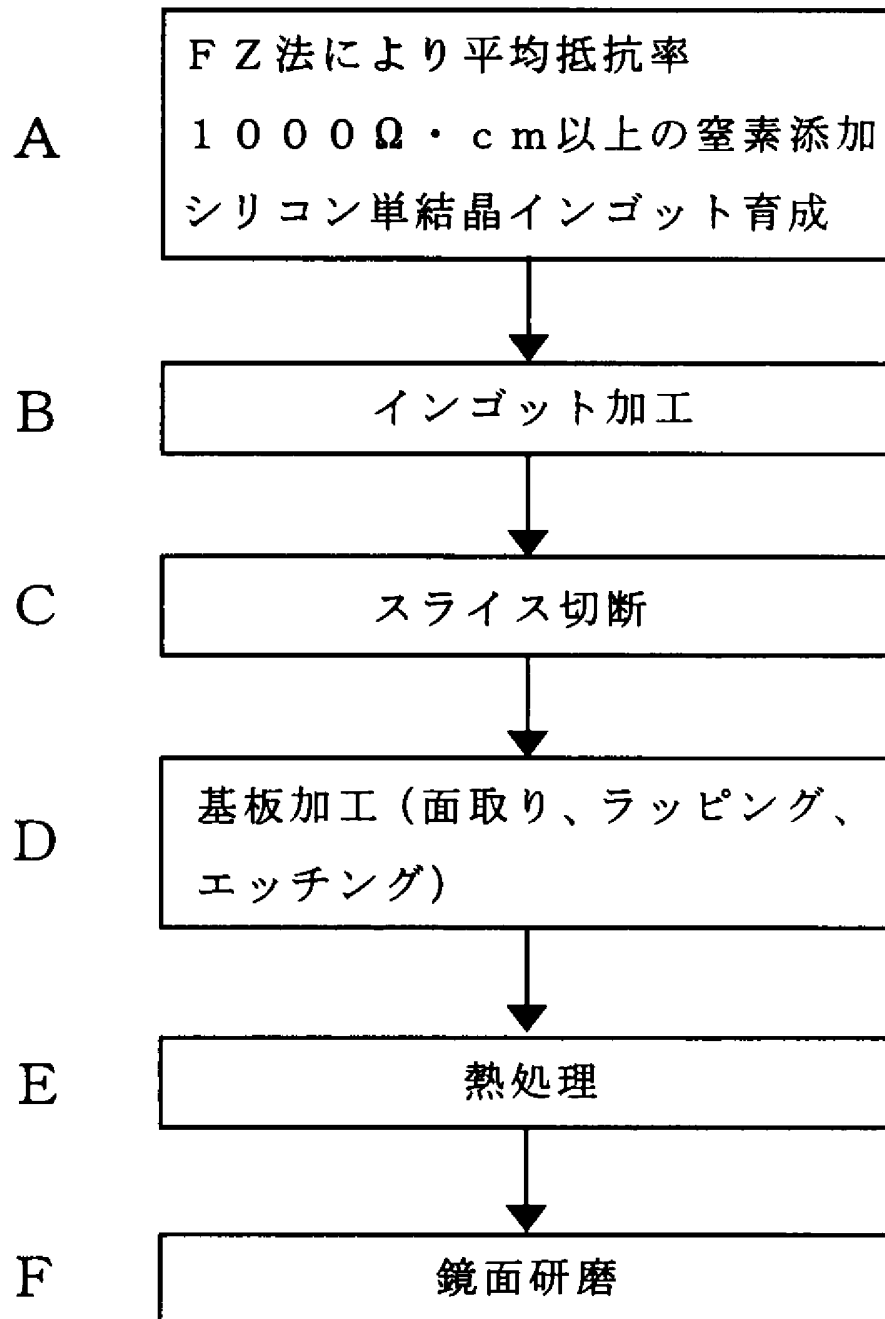
[0058] 例えば、実施例では面方位{111}のシリコン単結晶基板を製造したが、面方位は{100}、{110}であってもよいし、これらの面方位から傾斜させた面方位をもつものであってもよい。基板の直径は100mm未満であってもよいし、125mm、150mmまたはそれ以上であってもよい。前述のように、基板の直径が大きいほど面内抵抗率分布の不均一性が大きくなるので、本発明が効果的となる。また、実施例の窒素によるドナー濃度は5ppt_a($=2.5 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$)であったが、5ppt_a以下となる場合であっても、1000 $\Omega \cdot \text{cm}$ 以上という、熱処理前後で抵抗率が大きく変化するような高い抵抗率のシリコン単結晶基板であれば、本発明の効果は高いものとなる。またこれ以上の窒素ドナー濃度になるような場合であれば熱処理前後の抵抗率の乖離がさらに大きくなるので、本発明の効果はさらに高いものとなる。

請求の範囲

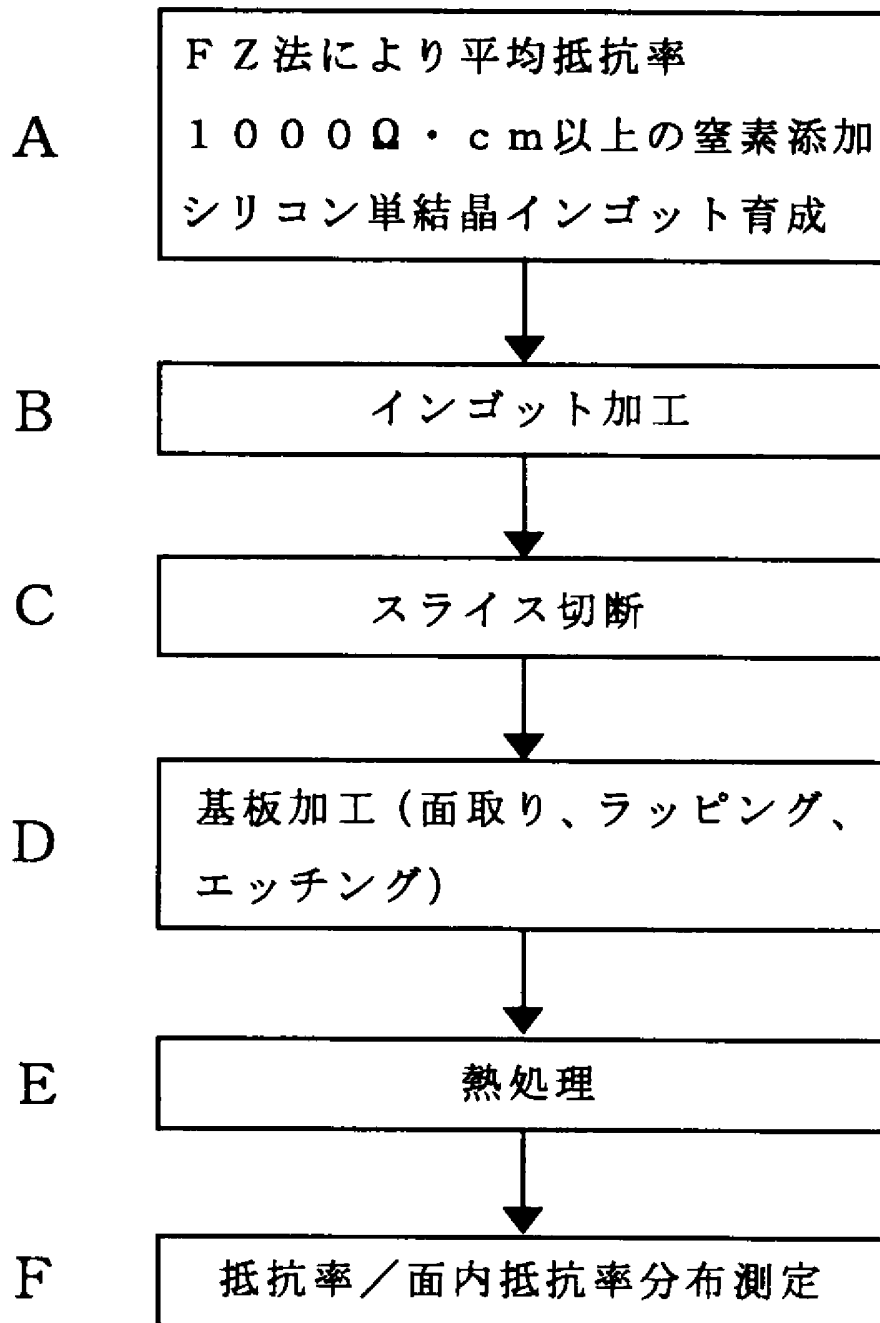
- [1] 平均抵抗率が $1000\ \Omega\cdot\text{cm}$ 以上のシリコン単結晶基板を製造する方法であって、少なくとも、フローティングゾーン法(FZ法)により窒素を添加しながらシリコン単結晶インゴットを育成し、該育成したシリコン単結晶インゴットを切断してシリコン単結晶基板を作製し、該作製したシリコン単結晶基板に、 $900\sim 1250^{\circ}\text{C}$ の温度で10～120分の熱処理を行うことを特徴とするシリコン単結晶基板の製造方法。
- [2] 前記シリコン単結晶インゴットに添加する窒素濃度を $3\times 10^{14}\text{atoms}/\text{cm}^3$ 以上とすることを特徴とする請求項1に記載のシリコン単結晶基板の製造方法。
- [3] 前記シリコン単結晶基板に行う熱処理を、ウェット酸素雰囲気、ドライ酸素雰囲気、窒素雰囲気のいずれか1つの雰囲気下で行うことを特徴とする請求項1または2に記載のシリコン単結晶基板の製造方法。
- [4] フローティングゾーン法(FZ法)により育成されたシリコン単結晶インゴットから作製した面内の平均抵抗率が $1000\ \Omega\cdot\text{cm}$ 以上のシリコン単結晶基板の抵抗特性を測定する方法であって、窒素を添加しながらシリコン単結晶インゴットを育成し、該育成したシリコン単結晶インゴットを切断してシリコン単結晶基板を作製し、該作製したシリコン単結晶基板に、 $900\sim 1250^{\circ}\text{C}$ の温度で10～120分の熱処理を行った後、前記作製したシリコン単結晶基板の抵抗率及び／又は面内抵抗率分布を測定することを特徴とするシリコン単結晶基板の抵抗特性測定方法。
- [5] 前記シリコン単結晶インゴットに添加する窒素濃度を $3\times 10^{14}\text{atoms}/\text{cm}^3$ 以上とすることを特徴とする請求項4に記載のシリコン単結晶基板の抵抗特性測定方法。
- [6] 前記シリコン単結晶基板に行う熱処理を、ウェット酸素雰囲気、ドライ酸素雰囲気、窒素雰囲気のいずれか1つの雰囲気下で行うことを特徴とする請求項4または5に記載のシリコン単結晶基板の抵抗特性測定方法。

- [7] 請求項4乃至6のいずれか1項に記載のシリコン単結晶基板の抵抗特性測定方法により測定された測定値を前記作製したシリコン単結晶基板の抵抗率及び／又は面内抵抗率分布の保証値として用いることを特徴とするシリコン単結晶基板の抵抗特性保証方法。

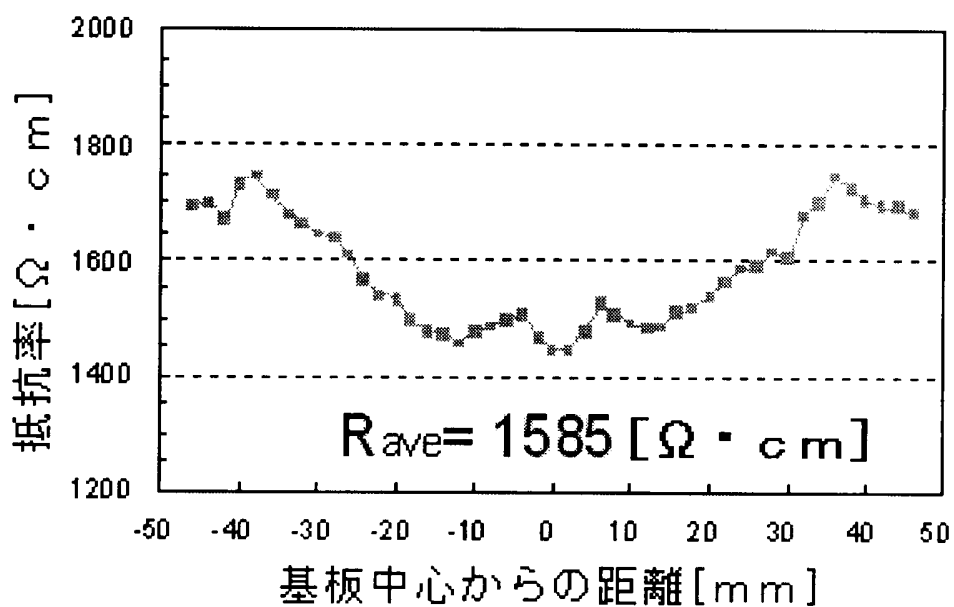
[図1]



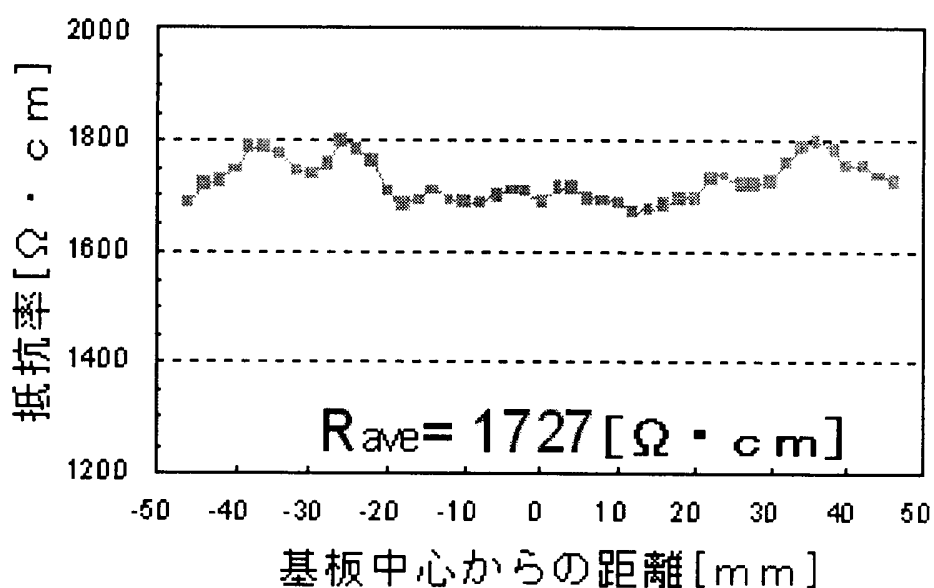
[図2]



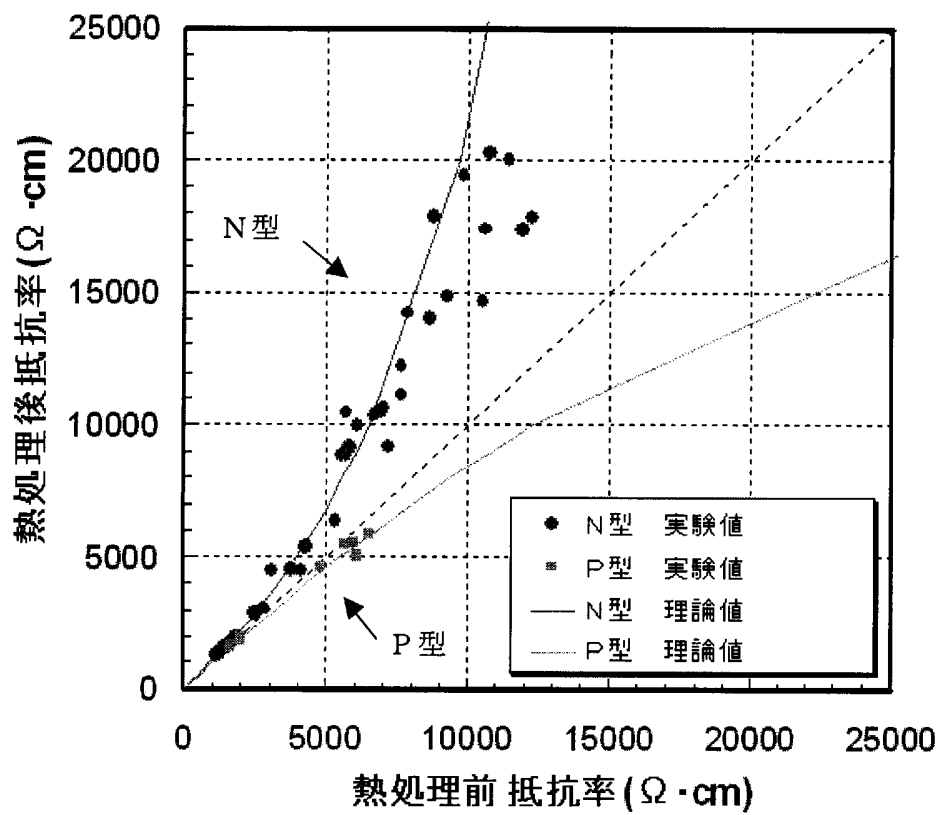
[図3]



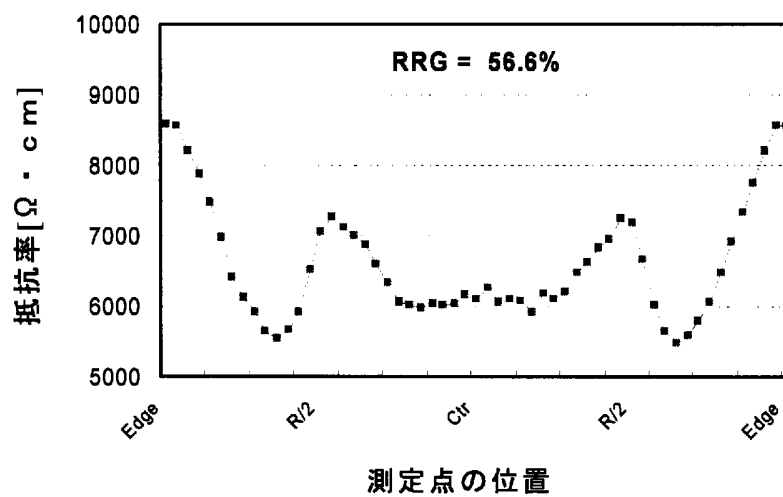
ドライ酸素雰囲気下
1200℃、100分
熱処理



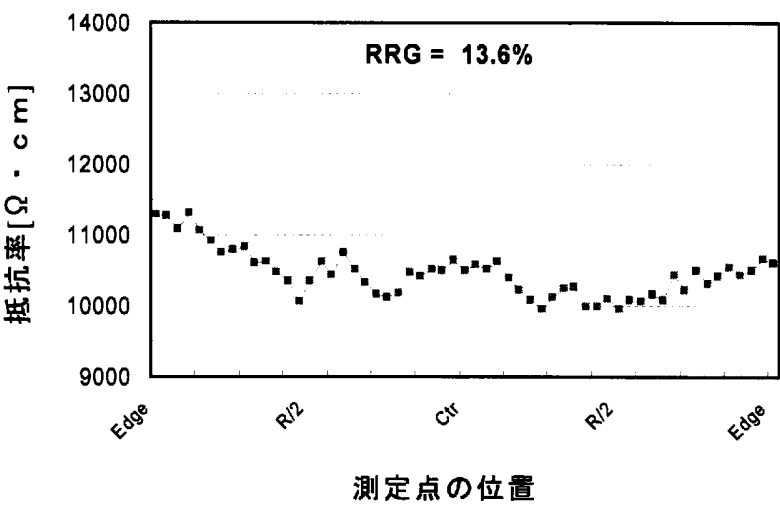
[図4]



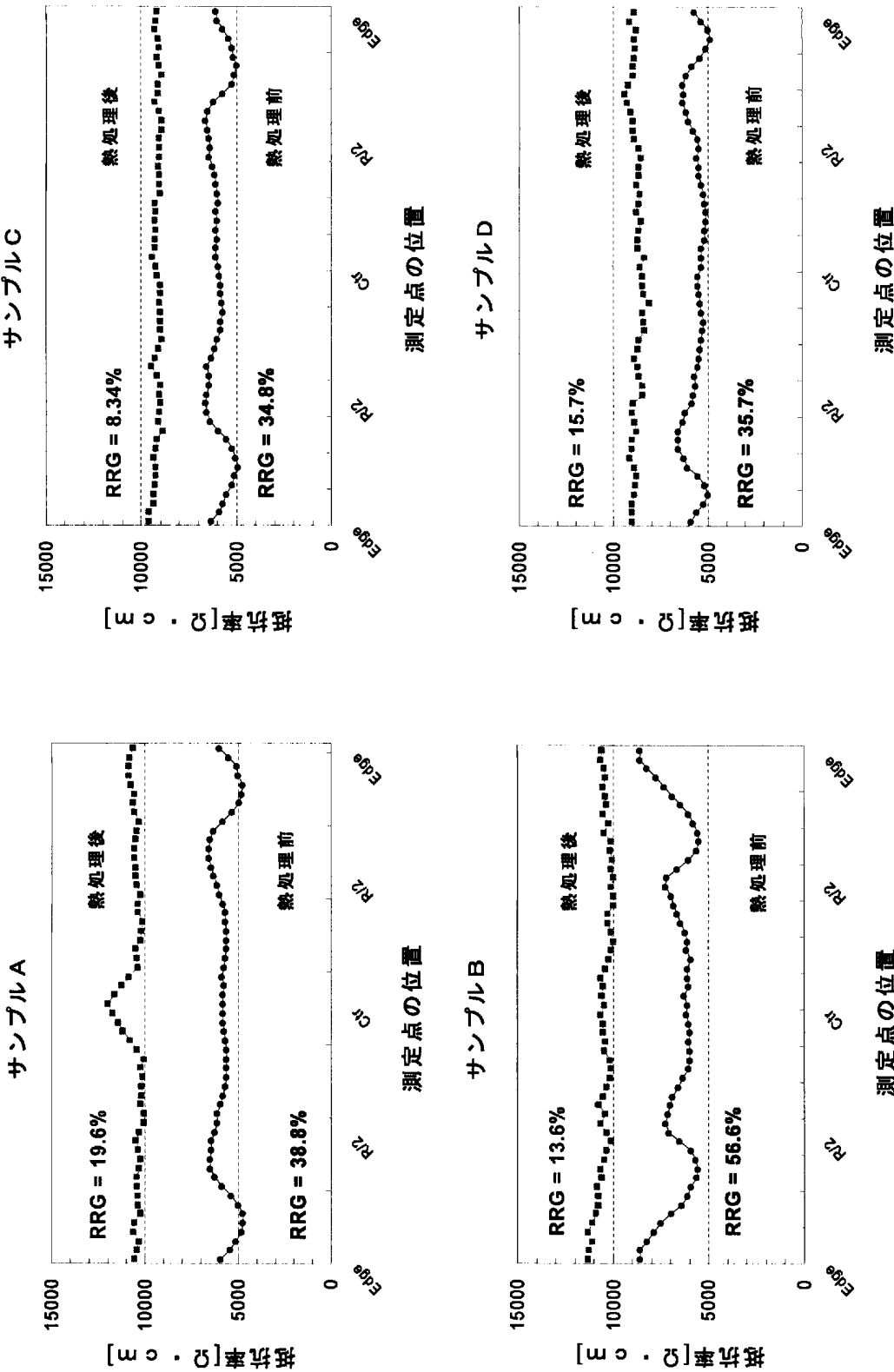
[図5]



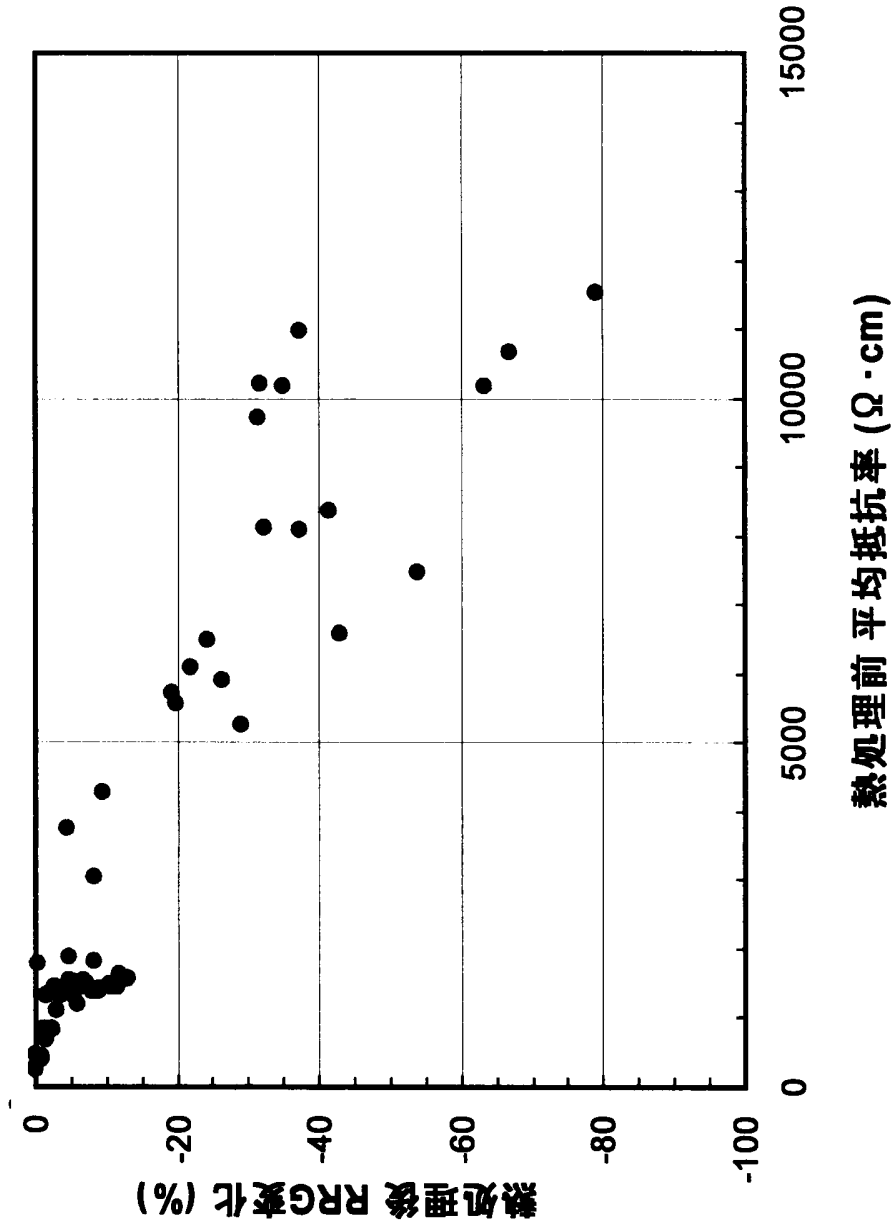
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/010489

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ C30B29/06, C30B13/12, H01L21/324, H01L21/02, G01N27/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ C30B29/06, C30B13/12, H01L21/324, H01L21/02, G01N27/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 3-3244 A (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 09 January, 1991 (09.01.91), Claims 1, 2; page 5, upper left column, line 8 to lower left column, line 5; table 2; Fig. 3 (Family: none)	1-7
A	JP 8-91993 A (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 09 April, 1996 (09.04.96), (Family: none)	1-7
A	JP 2002-100632 A (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 05 April, 2002 (05.04.02), (Family: none)	1-7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
13 October, 2004 (13.10.04)Date of mailing of the international search report
02 November, 2004 (02.11.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. ⁷ C30B29/06, C30B13/12, H01L21/324, H01L21/02, G01N27/04

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. ⁷ C30B29/06, C30B13/12, H01L21/324, H01L21/02, G01N27/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2004年

日本国登録実用新案公報 1994-2004年

日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 3-3244 A (信越半導体株式会社) 1991.01.09 請求項1, 2, 第5頁左上欄第8行-同頁左下欄第5行, 表2, 第3図 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 8-91993 A (信越半導体株式会社) 1996.04.09 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 2002-100632 A (信越半導体株式会社) 2002.04.05 (ファミリーなし)	1-7

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

13.10.2004

国際調査報告の発送日

02.11.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

横山 敏志

4G

2927

電話番号 03-3581-1101 内線 3416