

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4808917号
(P4808917)

(45) 発行日 平成23年11月2日 (2011. 11. 2)

(24) 登録日 平成23年8月26日 (2011. 8. 26)

(51) Int. Cl.

F I

C 3 O B 29/06 (2006. 01)

C 3 O B 29/06 5 O 2 H

C 3 O B 15/04 (2006. 01)

C 3 O B 15/04

請求項の数 2 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2003-371105 (P2003-371105)
 (22) 出願日 平成15年10月30日 (2003. 10. 30)
 (65) 公開番号 特開2004-149411 (P2004-149411A)
 (43) 公開日 平成16年5月27日 (2004. 5. 27)
 審査請求日 平成15年10月30日 (2003. 10. 30)
 審判番号 不服2008-7826 (P2008-7826/J1)
 審判請求日 平成20年4月1日 (2008. 4. 1)
 (31) 優先権主張番号 10250822. 4
 (32) 優先日 平成14年10月31日 (2002. 10. 31)
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(73) 特許権者 599119503
 ジルトロニック アクチエンゲゼルシャフ
 ト
 Siltronic AG
 ドイツ連邦共和国 ミュンヘン ハンスー
 ザイデループラッツ 4
 Hanns-Seidel-Platz
 4, D-81737 Muenchen
 , Germany
 (74) 代理人 100061815
 弁理士 矢野 敏雄
 (74) 代理人 100099483
 弁理士 久野 琢也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 易揮発性不純物をドーブしたシリコンからなる単結晶を製造する方法およびこの種の単結晶およびこれから製造した半導体ウェーハ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

高い揮発性不純物をドーブしたシリコンからなる単結晶を製造する方法であり、
 溶融物に不純物の量 N_0 を添加し、前記不純物は元素または分子の形であり、ヒ素、アンチモンおよび燐からなる群から選択される少なくとも 1 種の元素を有し、
 処理条件下で、るつぼ内に保持された溶融物から単結晶を引き出し、
 溶融物からの不純物の蒸発除去により生じる損失を補償するために、時間 t で、溶融物に、引き出し工程中に少なくとも一回不純物の量 $\Delta N(t)$ を後ドーブする、高い揮発性不純物をドーブしたシリコンからなる単結晶の製造方法において、不純物の量 $\Delta N(t)$ が、式：

【数 1】

$$\Delta N(t) = N_0 - N(t) = N_0 \cdot (1 - e^{-\lambda_a t})$$

または

近似式： $\Delta N(t) = N_0 \cdot \lambda_a \cdot t$

により表され、式中、 $N(t)$ は時間 t での不純物の量であり、 λ_a は蒸発除去係数であり、これは不純物の処理的に特殊な蒸発除去特性を表し、他の単結晶の抵抗変化 $R(t)$ の測定後に不純物を後ドーブしない処理条件下で、
 式：

【数 2】

$$R(t) = R_0 \cdot e^{\lambda_a \cdot t}$$

による計算により得られ、式中、 R_0 は他の単結晶が引き出される開始抵抗であることを特徴とする高い揮発性不純物をドーブしたシリコンからなる単結晶の製造方法。

【請求項 2】

蒸発除去係数 λ_a が自動処理制御に組み込まれている請求項 1 記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明の対象は、所定の引き出し条件下で、るつぼ内に保持された熔融物から単結晶を引き出すことにより易揮発性不純物をドーブしたシリコンからなる単結晶を製造する方法であり、目的抵抗を達成するために、熔融物に不純物の量 N_0 を添加し、熔融物からの不純物の蒸発除去による損失を補償するために、熔融物に、少なくとも一回、時間 t の後に、不純物の量 $\Delta N(t)$ を後ドーブする。

【背景技術】

【0002】

高度に純粋な単結晶棒、特に単結晶シリコン棒を製造するために、チョクラルスキーによるるつぼ引き上げ法（CZ - るつぼ引き上げ法）および帯域引き上げ法が公知である。

20

【0003】

本発明は、易揮発性不純物、特にドーピング物質を使用する、CZ - るつぼ引き上げ法によりシリコンからなるずれのない単結晶を製造する方法に関する。

【0004】

チョクラルスキーによる単結晶棒のるつぼ引き上げの際に、熔融物を製造するために用意される単結晶または多結晶の半導体断片を熔融るつぼに入れる。製造すべき単結晶の所望の物理的特性に依存して、ドーピング物質および他の不純物を一緒にるつぼに入れる。所定の比抵抗の調節は純粋な形またはシリコンと結合した形のドーピング物質の添加により達成される。結晶欠陥分布および不純物析出は、例えば窒素または炭素の添加により調節できる。引き続き加熱によりるつぼ内容物が次第に熔融状態に移行するまで、るつぼ温度が上昇する。一般に熔融するために、まず高い熱出力を用意し、引き続きこれを低下する。この方法を使用して、るつぼ負荷を最小にすることができる。一般に、熔融中にるつぼに汚染物が到達しないように、るつぼ位置、圧力および不活性ガス通過量を調節する。例えば 50 ミリバールより高い圧力により、単結晶中の一酸化炭素を介して導入される炭素含量を $0.1 \times 10^{-17} \text{ cm}^{-3}$ 未満にまで明らかに減少するかまたは意図的に調節することができる。

30

【0005】

次の工程で必要な易揮発性またはガス状ドーピング物質を液状熔融物に導入する。これは、例えば気相を介して行うことができ、その際反応しやすいシリコン熔融物が異種原子を吸収し、または不純物の固体成分を含有する熔融物に適当な容器を浸漬することにより行うことができる。一般にこのためにシリコンまたは石英ガラスからなるドーピングベルを利用する。他のしばしば使用される方法は、熔融物にまで達するかまたは熔融物中に達する適当な管の利用であり、これらの管を介して固体または気体のドーピング物質を導入する。すべての場合に、特に熔融温度、圧力および引き出し装置を通過する不活性ガス通過量をドーピング工程に適合しなければならない。圧力の上昇は、例えば温度の低下を生じる。

40

【0006】

単結晶の本来の製造の前に、均一な温度状況に調節する。最初のドーピングはこの処理時点で予め計算されたドーピング物質で開始することができる。結晶のその都度の逆溶解を伴う複数回の引き出し試験により後ドーピングが必要な場合は、例えば弁を介して、

50

経過した処理時間にそれぞれ適合した後ドーピング量を溶融物に導入しなければならない。

【 0 0 0 7 】

種結晶をシリコン溶融物に浸漬し、回転しながら引き出す。種結晶を用いて結晶学的結晶配向を固定する。10rpmより高い、結晶回転に対抗する、るつぼの高い回転により、安定な引き出し状況もしくは溶融物流が達成される。浸漬時の温度ショックにより生じる結晶のずれを避けるために、まず有利には6mm未満の直径を有する薄いネックを、有利には毎分2mmより高い引き出し速度で引き出す（ダッシュ技術）かまたは特定の方法により必要なずれのなさを形成する。これは、例えばずれの拡大を回避する不純物の添加により、または温度ショックを最小にするために、熱的状況の意図的な適合（予熱）により可能である。シリコンより大きい不純物原子（例えばゲルマニウム）は一般にずれの急速な拡大を阻止する。同様の効果は高いドーピング物質濃度を有する。

10

【 0 0 0 8 】

引き続き円錐状の移行部分（円錐）および円筒型の棒部分の引き出しを行う。後者から後で電子部品の製造者のための半導体ウェーハが得られる。円錐状の成長は加熱器出力の意図的な低下により保護される。円錐から円筒の棒部分への移行部分で引き出す際に必要な急激な温度変化は一般にるつぼ回転の減少により行われ、それは熱出力の変化が過度に不活性な作用を有するからである。熱バランスを適合する際に、結晶化熱によるかなりの、直径に依存した寄与が生じることを考慮すべきである。300mmの直径を有するシリコン単結晶は毎分0.4mmの引き出し速度の場合に硬化フロントですでに約2kWの付

20

【 0 0 0 9 】

易揮発性部品の比抵抗もしくはドーピング物質濃度の軸方向の変化は一般に圧力に依存する蒸発除去特性により調節する。これにより一般に溶離により生じる濃度の増加が結晶棒端部に向かって変化しまたは更に逆転する。圧力低下による蒸発除去速度の制御された増加は、成長する単結晶のずれを過度に高いドーピング物質の量により回避するために利用することができる。

【 0 0 1 0 】

引き出し装置を通過する不活性ガス流は気相に存在するドーピング物質および他の不純物に影響を及ぼす。結晶棒、硬化領域および溶融物を介して案内される不活性ガス流およびこのために必要なガス流供給手段を利用し、気相内の好ましくない不純物の搬送を可能にする。例えば十分に高い不活性ガス流（毎時2000リットルより高い）を用いて鉄汚染を明らかに抑制することができる。ガス供給手段の形状は、溶融物上で高い全圧力の場合と同様な条件が存在するように選択し、その際易揮発性ドーピング物質の蒸発除去が阻止される。このために熱シールドもしくはガス供給部品を単結晶の周囲に溶融物に対して決められた間隔で設置する。熱シールドの配置は引き出し速度のほかに同時に単結晶の冷却特性およびこれにより固有点欠陥および特にその凝集物の半径方向および軸方向の分布および不純物析出の形成に影響を及ぼす。

30

【 0 0 1 1 】

ドーピング物質の凝集は高い濃度の場合に発生し、単結晶の成長をかなり妨害することがある。過剰に高い不純物濃度による結晶格子応力は、その他の結晶特性がこれにより不利に影響されない限りで、意図的にその原子の大きさにより緩和作用する不純物により補償される。付加的な不純物は、例えばホウ素、燐、砒素またはアンチモンのような補充するドーピング物質であってもよく、またはゲルマニウム、炭素または窒素であってもよい。

40

【 0 0 1 2 】

圧力および不活性ガス流の制御は単結晶への酸素の組み込みに影響を及ぼす。酸素は石英からなるるつぼから離れ、溶融物流を介して溶融物の上面に搬送され、ここで約99%が蒸発除去し、残りは成長する単結晶に組み込まれる。原則的に溶融物で湿らせたるつぼ表面は酸素含量を決定する。たとえばるつぼの回転による酸素を搬送する溶融物流の制御

50

により結晶に組み込まれる酸素含量を調節することができる。もちろん使用される石英るつぼの特性は同様に酸素含量および更にその単結晶中の析出特性に影響を及ぼす。パリウムで熱処理されたるつぼ表面は、例えばかなり低い酸素沈積を生じる。

【 0 0 1 3 】

CZ - るつぼ引き出し法によりシリコンからなる単結晶を引き出す際に、固有点欠陥、ドーピング物質および他の不純物、特に酸素の相互作用を考慮すべきである。酸素は、特に高いドーピング物質濃度により明らかに減少する。

【 0 0 1 4 】

易揮発性不純物の蒸発除去特性のほかに、更に溶離による単結晶の成長速度が実質的にドーピング物質および他の不純物の組み込みに影響することに注意すべきである。従って結晶成長によりドーピング物質濃度の意図的な変化が達成される。知られているようにドーピング物質および他の不純物は結晶成長配向に応じて種々の程度で単結晶に組み込まれる。最も一般的に(100)配向の単結晶を製造し、それに応じて単結晶のために多くの試験が存在する。

【 0 0 1 5 】

高いドーピング物質濃度の場合に、硬化する単結晶の冷却速度に依存して凝集物が形成され、これは一方で不利な結晶のずれおよび変化した固有点欠陥分布を生じる。例えば3ミリオーム未満の比抵抗を有する砒素をドーブした単結晶に関して空位凝集物の飛躍的な減少が認められる。同様の挙動は、20ミリオーム未満の範囲で空位凝集物も中間格子凝集物も有していない、ホウ素を多くドーブした単結晶に見出される。従って高いドーピング物質濃度を使用して、シリコン中間格子原子または空位の凝集物を阻止し、酸素の析出特性を制御することが可能である。酸素沈積の意図的な増加は反対に、例えば窒素または炭素のような不純物の添加により達成することができる。必要な濃度範囲は窒素に関して $1 \times 10^{13} \sim 1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ であり、炭素に関して $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ より高い。

【 0 0 1 6 】

最も高い不純物濃度は、一般に成長する単結晶の棒の中心で形成され、適当な結晶の回転および結晶引き出し速度によりおよび硬化する単結晶の半径方向の温度分布により制御することができる。高い結晶回転および低い引き出し速度が一般に半径方向の変化を減少する。単結晶およびるつぼの同じ方向(従来の反対方向の代わりに)の回転は同じ結果を生じるが、激しく変化した溶融物流により酸素含量がかなり増加する。更に通常の(100)配向に比べて(111)単結晶において不純物のきわめて大きな半径方向の濃度の差が見出されることは注目に値する。結晶中心で、抵抗を決定するドーピング物質および酸素含量に関して結晶縁部より10%よりはるかに高い値が存在する。

【 0 0 1 7 】

単結晶の円筒型の棒部分を引き出した後で、加熱器の出力および引き出し速度を高めることにより端部の円錐を引き出す。結晶回転の減少は端部円錐の引き出しを安定にする。端部円錐の処理パラメーターの調節は一方では結晶のずれのない完全な単結晶であることを保証すべきである。他方で端部円錐の熱的履歴は後方の結晶棒部分の欠陥分布もしくは沈積特性を決定的に決定する。

【 0 0 1 8 】

すでに述べた影響のほかに、弾性および化学的特性が変化する、高いドーピング物質濃度が生じ、これは単結晶からウェーハへの引き続く処理で明らかになる。従って研磨工程またはエッチング除去を材料に一致しなければならない。

【 0 0 1 9 】

一般に全部の結晶引き出し工程は光学的直径の調節に伴われ、これは結晶引き上げまたは硬化フロントの近くの特定の加熱素子により意図的に修正される。その際熱シールドは光学的測定中に反射による妨害を阻止するように配置する。同時に光学的測定により熱シールドまたは加熱素子から溶融物への距離を調節することができる。特に端部領域での引き出しの際にミラーが直径の調節を助けることができる。しかし引き出し工程に正確に適合

10

20

30

40

50

した熱出力により、直径の修正を最小にすることができる。単結晶の熱履歴はその他の点で熱電対またはパイロメーターによる直接的測定だけでなく、結晶および熔融物を介する電流 - 電圧測定によっても調節することができ、電流 - 電圧測定は同時に単結晶の場合による熔融に関する情報を提供する。

【 0 0 2 0 】

易揮発性ドーピング物質を多く含有するシリコンからなる単結晶に対する顧客の要求は近年強く高まっている。同時に単結晶の品質特性に対する要求もかなり増加している。比抵抗、酸素含量または結晶欠陥分布のような品質特性はきわめて狭い所定の範囲に存在しなければならない。比抵抗の予め決定可能で、再現可能な調節は、蒸発除去される量がそれぞれの処理条件に強く依存しているので、砒素、アンチモンまたは純粋の燐のような易揮発性ドーピング物質の場合には困難である。しかし抵抗を決定するドーピング物質含量は、特にドーピング物質の意図的な添加により、例えば酸素のような他の異種物質および結晶欠陥もしくはその凝集物の軸方向および半径方向の分布が、電子部品製造者の要求に対応するように調節できるので、単結晶の品質特徴として中心的な意義を有する。従ってドーピング物質の基本的な作用により、目的抵抗を達成するために必要なドーピング物質量の正確であると同様に簡単な測定が必要である。その際測定方法は種々の処理条件および処理時間を考慮しなければならない。必要なドーピング物質濃度の少ない超過は低い比抵抗の場合に結晶のずれを生じ、繰り返される引出し試験が必要である。多くの引き出し試験の後に、例えば限られたるつぼ負荷能力により、費用のかかる新たな処理法を導入することなしに、引き続き単結晶シリコン棒をもはや製造することができない。

【 0 0 2 1 】

従来の処理法において、必要なドーピング物質量は経験により非揮発性ドーピング物質を用いて概略的に輪郭が示された。このために A S T M F 7 2 3 - 9 9 により比抵抗を濃度に換算し、簡単な偏析計算により結晶棒の軸方向の濃度の変化もしくは必要なドーピング物質量を決定することができる。しかしすでに配向に依存する偏析の際に偏差が発生する。必要なドーピング物質量の処理に依存する測定および必要な後ドーピングの量はこのやり方では不可能である。

【 0 0 2 2 】

易揮発性ドーピング物質の蒸発除去特性に関する複雑な理論的計算はすでに知られている（非特許文献 1 参照）。従って揮発性ドーピング物質に関して付加的な因子 $A_{\text{蒸発除去}}$ による蒸発除去を考慮することができる。これはドーピング物質の物質定数および特定の処理条件から決定する。しかしこの式は実際の複雑な処理条件を考慮せず、従って必要なドーピング物質量もしくは得られた軸方向の比抵抗の変化を評価するための使用できる計算基礎としてほとんど使用することができない。

【非特許文献 1】Zhensheng Liu および Torbjørn Carlberg、A Model for Dopant Concentration in Czochralski Silicon Melts, J. Electrochem. Soc. Vol. 140, No. 7, 1993 年 7 月

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 2 3 】

本発明の課題は、処理条件を予め詳細に分析せずに、決められた処理条件下で必要なドーピング物質量の簡単な評価を可能にする方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 2 4 】

本発明の対象は、決められた処理条件下で、るつぼ内に保持された熔融物から単結晶を引き出し、その際不純物の量 N_0 を、目的抵抗値を達成するために熔融物に添加し、熔融物から不純物を蒸発除去することによる損失を補償するために、熔融物に、少なくとも 1 回、時間 t の後に、不純物の量 $\Delta N(t)$ を後ドーピングすることにより、易揮発性不純物をドーピングしたシリコンからなる単結晶を製造する方法であり、不純物の量 $\Delta N(t)$ を、式

【 0 0 2 5 】

【 数 3 】

$$\Delta N(t) = N_0 - N(t) = N_0 \cdot (1 - e^{-\lambda_a \cdot t})$$

または近似式： $\Delta N(t) = N_0 \cdot \lambda_a \cdot t$

により計算し、式中、 λ_a は蒸発除去係数であり、これは処理的に特殊な不純物の蒸発除去特性を表し、他の単結晶の抵抗の変化 $R(t)$ を測定後に不純物を後ドーブせずに決められた処理条件下で、式

【 0 0 2 6 】

10

【 数 4 】

$$R(t) = R_0 \cdot e^{\lambda_a \cdot t}$$

による計算により得られ、式中、 R_0 は他の単結晶を引き出す開始比抵抗である。

【 0 0 2 7 】

前記の処理方法を使用して抵抗の偏差による収率の損失または高すぎる濃度により引き起こされる好ましくない単結晶の品質の変化が回避される。この方法は特に砒素、アンチモンおよび燐のような易揮発性ドーピング物質のドーブに適している。前記方法は他の易揮発性不純物の調節された供給に使用することができる。

20

【 0 0 2 8 】

シリコン単結晶中の比抵抗の軸方向の変化は実質的に以下のパラメーターにより影響され、これらは全体として最も重要な処理条件を実現する。ドーピング物質量、有効な組み込み係数（結晶成長速度、結晶回転）および蒸発除去特性（ガス供給量、圧力、ガス通過量、温度変化）。更に炉構造全体、特にるつぼの大きさがこれに依存する自由表面積のために、易揮発性ドーピング物質の蒸発除去特性に寄与する。

【 0 0 2 9 】

本発明により、蒸発除去特性は係数 λ_a により近似的に表され、その際この係数は決められた処理条件に関して、この条件下で後ドーブせずに引き出された単結晶で見出される抵抗特性から計算される。

30

【 0 0 3 0 】

蒸発除去される粒子の数 N_a もしくは粒子の数の時間に依存する減少 $N(t)$ は以下のように示される。

【 0 0 3 1 】

【 数 3 】

$$\dot{N}_\alpha = -\lambda_\alpha \cdot N \quad \Rightarrow \quad N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda_\alpha \cdot t}$$

【 0 0 3 2 】

40

蒸発除去係数 λ_a はその都度の存在する物理的条件を含む。 N_0 は出発粒子数を表す。熔融物の濃度の変化は蒸発除去によるだけである。

【 0 0 3 3 】

【 数 4 】

$$\dot{N} = \dot{C} \cdot V = \dot{N}_\alpha = -\lambda_\alpha \cdot V \cdot C$$

$$\dot{C} \cdot V - \lambda_\alpha \cdot V \cdot C = 0 \Rightarrow \ln\left(\frac{C}{C_0}\right) = -\int_0^t \lambda_\alpha \cdot dt \Rightarrow C(t) = C_0 \cdot e^{-\lambda_\alpha \cdot t}$$

50

【 0 0 3 4 】

従って易揮発性ドーピング物質の濃度 C もしくはドーピング物質 N の時間に依存する変化は以下のように同様に記載することができ、

【 0 0 3 5 】

【数 5】

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda_\alpha \cdot t}$$

式中、 N_0 はドーピング物質の蒸発除去を考慮しないドーピング物質質量である。

【 0 0 3 6 】

10

近似的に単結晶中で生じる比抵抗に以下の式が適用される。

【 0 0 3 7 】

【数 6】

$$R(t) \propto \frac{1}{C(t)} \propto \frac{1}{N(t)} \Rightarrow R(t) = R_0 \cdot e^{\lambda_\alpha \cdot t}$$

【 0 0 3 8 】

本発明により、決められた処理条件下で製造される単結晶の測定された抵抗の変化 $R(t)$ から蒸発除去係数 λ_α が決定され、引き続き同じ処理条件下で処理方法での必要な後ドーブ量 ΔN を正確に計算するために利用され、その際以下の測定式が使用される。

20

【 0 0 3 9 】

【数 7】

$$\Delta N(t) = N_0 - N(t) = N_0 \cdot (1 - e^{-\lambda_\alpha \cdot t})$$

【 0 0 4 0 】

実際には、最後のドーブからの経過する時間 t に依存する、処理的に特殊な、必要な後ドーブ量 ΔN の測定に線形近似式で十分であり、以下の式で示される。

30

【 0 0 4 1 】

$$\Delta N(t) = N_0 \cdot \lambda_\alpha / t$$

この測定方法は、結晶引出し装置の制御に組み込むことにより自動化を可能にする。その際予め計算したまたは現在の処理パラメーター、例えばドーピング工程からの時間、圧力、不活性ガス通過量または炉構造による影響を正確なドーピング物質質量の計算に利用することができる。引き続き計算したドーピング物質質量を導入し、または他の形で、例えば進行する修正されて供給される添加として処理中に溶融物に添加することができる。

【 0 0 4 2 】

実施例

以下に本発明を測定データにより説明する。図 1 は結晶棒の軸方向の位置に依存する抵抗測定の結果を示す。図 2 は結晶棒先端の比抵抗の偏差の統計的評価を示す。

40

【 0 0 4 3 】

必要なドーブ量の体系的測定は以下の工程を有する。達成される比抵抗（目的抵抗）に必要なドーピング物質質量 N_0 を、蒸発除去を考慮せずに、濃度もしくは抵抗の換算および偏析を用いて計算する。偏析として、（遅く）硬化した溶融物中に、他の濃度 C が予め溶融物に存在したものと見出される現象を示す。

$$C_{\text{固体}} = k_0 \cdot C_{\text{液体}}$$

k_0 は標準的硬化のための組み込み係数である。

【 0 0 4 4 】

比抵抗のドーピング物質濃度への換算およびその反対の換算は有利には ASTM F 7 2

50

3 - 99およびD I N 5 0 4 4 4によりもしくはこれらの具体的な形により行う。特にきわめて高いドーピング物質濃度の場合の偏差および場合による部品に固有の特殊性を考慮すべきである。しかし基本的な評価のために比抵抗および不純物濃度が互いに反対に比例して挙動することを理解することができる。

【 0 0 4 5 】

更に蒸発除去係数 λ_a を計算する。このために結晶棒位置およびこれによる蒸発除去時間に依存する、後ドーピングせずに所定の処理条件下で引き出される単結晶の比抵抗の測定が必要である。この種の測定の結果を図1に示す。前記の式と組み合わせた抵抗測定から得られる値0.00056を有する蒸発除去係数 λ_a はすべての処理条件を含み、従って同じ処理条件下で以下の引き出し工程での以下の処理時間に依存するドーピング量測定に利用することができる。

10

【 0 0 4 6 】

このために、測定した蒸発除去係数 λ_a を使用してドーピング物質質量 N_0 を蒸発除去した量 $\Delta N(t)$ だけ修正し、これにより蒸発除去を考慮した必要なドーピング物質質量の処理的に特殊な基準量を求め、その際 $\Delta N(t)$ は式

【 0 0 4 7 】

【 数 8 】

$$\Delta N(t) = N_0 - N(t) = N_0 \cdot (1 - e^{-\lambda_a t})$$

20

または近似式

$$\Delta N(t) = N_0 \cdot \lambda_a \cdot t$$

を使用して計算する。

【 0 0 4 8 】

必要な比抵抗(目的抵抗)はそれぞれの時点のドーピング物質の時間に依存した蒸発除去にもかかわらず再び正確に調節することができ、偏差による収率の損失が生じない。前記の後ドーピング法を使用して顧客に合わせた前記の抵抗限界を再現可能に維持することができ、ドーピング物質の濃度の偏差により引き起こされる単結晶の品質の変化を回避することができる。

30

【 0 0 4 9 】

図2は本発明による処理的に特殊なドーピング物質質量の計算を使用しない結晶棒先端での統計的評価(a)および本発明による処理的に特殊なドーピング物質質量の計算を使用した結晶棒先端での統計的評価(b)を示す。本発明の方法を使用した場合に抵抗値の散乱が明らかに少ない。相当して高い結晶収率およびドーピング物質に随伴する結晶品質の少ない影響が得られる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 0 】

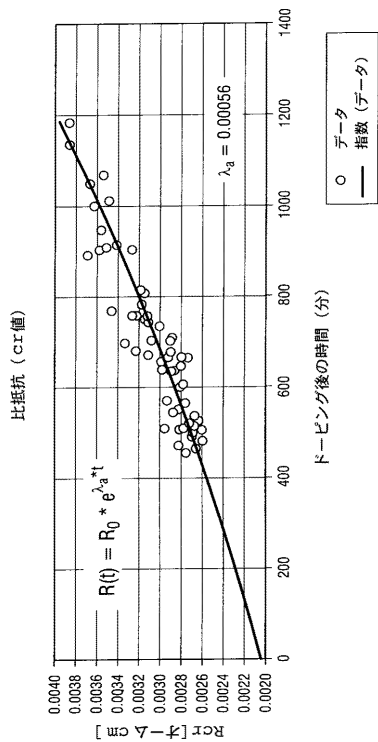
【 図 1 】 結晶棒の軸方向の位置に依存する抵抗測定の結果を示す。

【 0 0 5 1 】

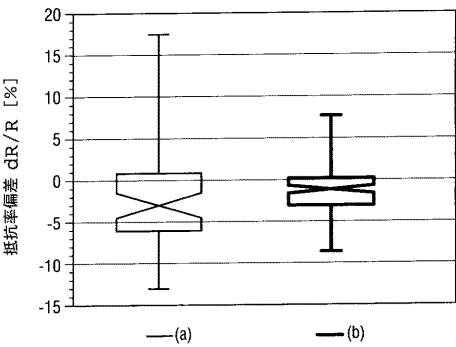
【 図 2 】 結晶棒先端の比抵抗の偏差の統計的評価を示す。

40

【図 1】



【図 2】



フロントページの続き

- (74)代理人 100114890
弁理士 アインゼル・フェリックス＝ラインハルト
- (72)発明者 マーティン ヴェーバー
ドイツ連邦共和国 カストゥル フォルスターシュトラッセ 8
- (72)発明者 ペーター フィルツマン
ドイツ連邦共和国 ブルクハウゼン ネルケンヴェーク 5
- (72)発明者 エーリヒ グマイルパウアー
オーストリア国 ザンクト パンタレオン ヴィルツフト 4 3
- (72)発明者 ロベルト フォアブーフナー
ドイツ連邦共和国 ブルクハウゼン リンダッハーシュトラッセ 9

合議体

審判長 松本 貢

審判官 中澤 登

審判官 吉川 潤

- (56)参考文献 特開平 8 - 1 1 9 7 8 7 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 7 2 5 9 3 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 3 4 2 0 9 4 (J P , A)
特開昭 6 2 - 1 4 8 3 9 0 (J P , A)
特開平 1 0 - 2 1 2 1 9 5 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 1 9 9 2 9 7 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
C30B1/00-35/00