

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年1月18日(18.01.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/012019 A1

- (51) 国際特許分類:
C30B 29/06 (2006.01) H01L 21/02 (2006.01)
C30B 15/20 (2006.01) H01L 21/66 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/006727
- (22) 国際出願日: 2017年2月23日(23.02.2017)
- (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 2016-136639 2016年7月11日(11.07.2016) JP
- (71) 出願人: 株式会社SUMCO (SUMCO CORPORATION) [JP/JP]; 〒1058634 東京都港区芝浦一丁目2番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 鳥越 和尚 (TORIGOE Kazuhisa); 〒1058634 東京都港区芝浦一丁目2番1号 株式会社SUMCO内 Tokyo (JP). 小野 敏昭(ONO Toshiaki); 〒1058634 東京都港区芝浦一丁目2番1号 株式会社SUMCO内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 鷲頭 光宏, 外(WASHIZU Mitsuhiro et al.); 〒1040061 東京都中央区銀座一丁目5番1号第三太陽ビル7F Tokyo (JP).
- (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, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KH, KN,

(54) Title: METHOD FOR EVALUATING AND MANUFACTURING SILICON WAFER

(54) 発明の名称: シリコンウェーハの評価方法及び製造方法

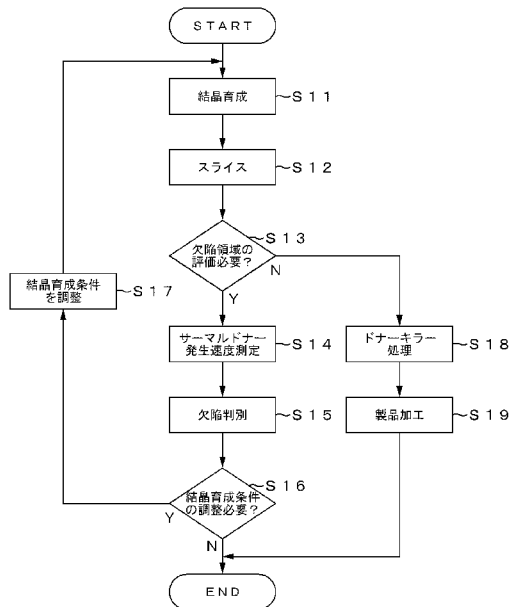


FIG. 1:
S11 Grow crystal
S12 Slice
S13 Is evaluation of defect region necessary?
S14 Measure generation rate of thermal donors
S15 Determine defect
S16 Is adjustment of crystal growing conditions necessary?
S17 Adjust crystal growing conditions
S18 Treat donor killer
S19 Process product

(57) Abstract: According to the present invention, the presence and types of defective regions in a silicon wafer are evaluated with a simple method while saving time and costs. This method for evaluating a silicon wafer, which is cut from a single crystal silicon ingot grown by using the Czochralski method, includes: (S14) measuring the generation rate of thermal donors generated when a thermal-donor-generating heat treatment is performed on the silicon wafer; and (S15) determining the presence of crystalline defective regions and the types of crystalline defects on the basis of the generation

KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA,
MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA,
NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA,
RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

rate of thermal donors.

(57) 要約: 時間とコストを抑えて簡便な方法でシリコンウェーハの欠陥領域の有無及び種類を評価する。チョクラルスキー法によって育成されたシリコン単結晶インゴットから切り出したシリコンウェーハを評価する方法であって、シリコンウェーハにサーマルドナー発生熱処理を施したときに発生するサーマルドナーの発生速度を測定し (S 1 4)、当該サーマルドナーの発生速度に基づいて結晶欠陥領域の有無又は結晶欠陥の種類を判別する (S 1 5)。

明 細 書

発明の名称：シリコンウェーハの評価方法及び製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、シリコンウェーハの評価方法及び製造方法に関し、特に、チョクラスキー法（以下、「CZ法」という）によって製造されたシリコンウェーハの結晶欠陥領域の評価方法に関するものである。

背景技術

[0002] 半導体材料に用いられるシリコン単結晶の製造には種々の方法があるが、一般にCZ（Czochralski）法、又は、FZ（Floating Zone）法が用いられている。CZ法は、石英ルツボに充填した多結晶原料をヒーターで加熱溶解した後、この融液に種結晶を浸し、これを回転させつつ上方に引き上げることによって単結晶を成長させる方法である。また、FZ法は、多結晶原料ロッドの一部を高周波で加熱溶解して熔融帯域を作り、この熔融帯域を移動させながら単結晶を成長させる方法である。前記CZ法は、大きな直径の結晶の形成が容易であるため、CZ法で製造したシリコン単結晶から切り出したウェーハが、高集積度半導体素子基板として用いられている。

[0003] CZ法によって製造されたシリコンウェーハは、1000～1200℃の酸性雰囲気下で1～10時間の熱酸化処理を受けたとき、リング状に現れる酸化誘起積層欠陥（以下、OSF（Oxidation induced Stacking Fault）リングという）が発生する場合がある。その他に、数種類の微小欠陥（以下、Grown-in欠陥という）が形成される。

[0004] 結晶内でのOSFリングの発生部位は、シリコン単結晶の成長速度（引き上げ速度） V と、育成されるシリコン単結晶の融点から1300℃までの温度域内における引き上げ軸方向の結晶内温度勾配 G との比 V/G によって決定される。OSFリングが結晶中心部で消滅する臨界値よりも V/G が大きい場合には空孔が凝集して、0.1 μm 程度の八面体の空洞（ボイド）欠陥が形成され、MOS型LSIを製造する場合にゲート酸化膜の耐圧を劣化さ

せたり、素子分離領域の分離不良を生じさせたりする。さらにトレンチキャパシターを用いる場合にキャパシター間のパンチスルー等の特性不良を招く。一方、 V/G が臨界値より小さい場合には格子間シリコンが凝集して転位クラスターが形成され、PN接合リーク等の特性不良を招く。

[0005] このような問題に対応するため、従来から多くの方法が提案されている。例えば、特許文献1では、単結晶育成時の引上げ速度 V と結晶内の温度勾配 G の比 V/G を制御して、いかなるGrown-in欠陥もOSFリングも発生しない領域（以下、無欠陥領域）を育成する方法が提案されている。

[0006] Grown-in欠陥やOSFリングの評価方法としては、例えば、赤外散乱トモグラフィによってボイド欠陥を検出する方法や上述した $1000\sim 1200^{\circ}\text{C}$ の熱酸化処理後にエッチングすることによって顕在化するOSFリングを顕微鏡で観察する方法などが知られている。

[0007] また特許文献2、3には、いわゆる銅デコレーション法によりシリコンウェーハの結晶欠陥を分析・評価する方法が記載されている。例えば特許文献2に記載された分析方法は、ベアウェーハの表面上に所定の厚さの熱酸化膜を形成させる段階と、ベアウェーハのバックサイドをエッチングする段階と、ベアウェーハの欠陥部位に銅のデコレーティングを遂行する段階と、銅のデコレーティング遂行段階の以後に銅がデコレーションされたウェーハの欠陥部位を分析する段階を備えている。分析段階では、銅がデコレーションされたウェーハの欠陥部位の分布及び密度が肉眼で分析することの他、銅でデコレーションされたウェーハの欠陥部位のモルホロジーを透過電子顕微鏡（TEM）又は走査電子顕微鏡（SEM）で分析する。

[0008] さらに、特許文献3には、銅で汚染した試料を熱処理した後に急冷する銅デコレーション法により、CZ法で製造したシリコン単結晶中の結晶欠陥を評価する方法が記載されている。この評価方法では、結晶中の格子間酸素濃度が $10\times 10^{17}\text{atoms}/\text{cm}^3$ （ASTM'79）以下の低酸素濃度のシリコン単結晶に対して銅デコレーション法を施し、OSF又はOSFとなる核が存在する領域を高感度で検出する。

[0009] 特許文献4には、シリコンウェーハを450℃程度の低温でアニールしたときに格子間酸素から生成されるサーマルドナーによるウェーハの抵抗率を測定することによって、エピタキシャルウェーハにおけるエピタキシャル層やDZ層の膜厚測定など、酸素濃度分布に関連したウェーハ構造を評価する方法が記載されている。

先行技術文献

特許文献

- [0010] 特許文献1：特開平8-330316号公報
特許文献2：特開平10-227729号公報
特許文献3：特開2001-81000号公報
特許文献4：特開平9-82768号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0011] しかしながら、従来の一般的なシリコンウェーハの結晶欠陥の評価方法は、結晶欠陥の種類に応じた複数の熱処理やエッチング工程を必要とするものであり、評価に時間とコストがかかるという問題がある。
- [0012] また、銅デコレーション法を利用したシリコンウェーハの結晶欠陥の評価方法は、Grown-in欠陥領域やOSFリング領域の有無を同時に評価することができるものの、銅のデコレーションのために数十時間という熱処理工程が必要であり、簡便さに欠けるという問題がある。
- [0013] したがって、本発明の目的は、時間とコストを抑えて簡便な方法でシリコンウェーハの結晶欠陥領域の有無及び種類を評価することが可能なシリコンウェーハの評価方法及び製造方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0014] 上記課題を解決するため、本発明によるシリコンウェーハの評価方法は、CZ法によって育成されたシリコン単結晶インゴットから切り出したシリコンウェーハの評価方法であって、前記シリコンウェーハにサーマルドナー発

生熱処理を施したときに発生するサーマルドナーの発生速度を測定し、当該サーマルドナーの発生速度に基づいて結晶欠陥領域の有無又は結晶欠陥の種類を判別することを特徴とする。

[0015] 本発明によれば、V/Gを制御しながらCZ法によって育成されたシリコン単結晶インゴットから切り出されたシリコンウェーハに熱処理を施したことによる比抵抗の変化に基づくサーマルドナー発生速度を測定することによって結晶欠陥領域の有無及び結晶欠陥の種類を簡便に評価することができる。

[0016] 本発明によるシリコンウェーハの評価方法は、前記シリコン単結晶インゴットから切り出した第1のシリコンウェーハが酸素クラスターを含む状態において前記サーマルドナー発生熱処理を施したときに前記第1のシリコンウェーハ上の第1の測定ポイントに発生するサーマルドナーの発生速度である第1のサーマルドナー発生速度を求め、前記第1のシリコンウェーハと異なる第2のシリコンウェーハにドナーキラ処理及び前記サーマルドナー発生熱処理を順に施したときに前記第2のシリコンウェーハ上の第2の測定ポイントに発生するサーマルドナーの発生速度である第2のサーマルドナー発生速度を求め、前記第2のサーマルドナー発生速度に対する第1のサーマルドナー発生速度の比であるサーマルドナー発生速度比に基づいて、前記第1のシリコンウェーハ上の前記第1の測定ポイントがOSF核を含む領域、ボイド欠陥を含む領域又は無欠陥領域のいずれに該当するかを判別することが好ましい。ここで、シリコンウェーハが酸素クラスターを含む状態とは、as-grown状態のシリコンウェーハに対してドナーキラ処理を施す前の状態のことを言う。また無欠陥領域とは、Grown-in欠陥を含まず、且つ、評価熱処理後にOSFリングが発生しない領域のことを言う。このように、本発明によれば、ドナーキラ処理の有無の違いを持つ2種類のウェーハからそれぞれ求めた第1及び第2のサーマルドナー発生速度に基づいて、結晶欠陥領域の有無及び結晶欠陥の種類を簡便に評価することができる。

[0017] 本発明によるシリコンウェーハの評価方法は、前記サーマルドナー発生速

度比が第1の速度範囲内にある場合に、前記第1のシリコンウェーハ上の前記第1の測定ポイントが無欠陥領域であると判別し、前記サーマルドナー発生速度比が前記第1の速度範囲よりも高い第2の速度範囲内にある場合に、前記第1の測定ポイントがボイド欠陥を含む領域であると判別し、前記サーマルドナー発生速度比が前記第2の速度範囲よりも高い第3の速度範囲内にある場合に、前記第1の測定ポイントがOSF核を含む領域であると判別することが好ましい。このような判別により、OSFリング領域、ボイド欠陥を含む領域、及び無欠陥領域を簡便に判定することができる。

[0018] 本発明において、前記サーマルドナー発生熱処理は、430℃以上480℃以下で2時間以上4時間以下の熱処理であることが好ましく、450℃で4時間の熱処理であることがさらに好ましい。この熱処理条件であれば、酸素クラスターを活性化させてサーマルドナー発生速度に基づく結晶欠陥領域の有無及び結晶欠陥の種類の評価を行うことが可能である。

[0019] 本発明によるシリコンウェーハの評価方法は、450℃で4時間の前記サーマルドナー発生熱処理を施したとき、前記サーマルドナー発生速度比が1.3以上1.7未満である場合に前記第1のシリコンウェーハ上の前記第1の測定ポイントが無欠陥領域であると判別し、前記サーマルドナー発生速度比が1.7以上1.9未満である場合に前記第1の測定ポイントがボイド欠陥を含む領域であると判別し、前記サーマルドナー発生速度比が1.9以上2.3未満である場合に前記第1の測定ポイントがOSF核を含む領域であると判別することが好ましい。このような判別により、OSFリング領域、ボイド欠陥を含む領域、無欠陥領域を簡便に判定することができる

[0020] 本発明によるシリコンウェーハの評価方法は、前記シリコンウェーハの径方向に沿って設けた複数の測定ポイントの各々において前記サーマルドナーの発生速度を測定することにより、前記シリコンウェーハの径方向の結晶欠陥マップを作成することが好ましい。

[0021] 本発明によるシリコンウェーハの評価方法は、前記シリコンウェーハの比抵抗を測定し、前記比抵抗をもとにキャリア濃度をアービンカーブから求め

、前記サーマルドナー発生熱処理前後のキャリア濃度をもとにサーマルドナー発生量を求め、前記サーマルドナー発生熱処理の時間と前記サーマルドナー発生量との関係から前記サーマルドナー発生速度を求めることが好ましい。この場合、前記シリコンウェーハの比抵抗を4探針法により測定することが好ましい。

[0022] また、本発明によるシリコンウェーハの製造方法は、第1のシリコン単結晶インゴットをチョクラルスキー法によって育成し、前記第1のシリコン単結晶インゴットから切り出した評価用シリコンウェーハにサーマルドナー発生熱処理を施したときに発生するサーマルドナーの発生速度を測定し、当該サーマルドナーの発生速度の測定結果に基づいて前記評価用シリコンウェーハ中の結晶欠陥領域の有無又は結晶欠陥の種類を判別し、前記第1のシリコン単結晶インゴットの育成条件及び前記評価用シリコンウェーハ中の結晶欠陥領域の有無又は結晶欠陥の種類の判別結果に基づいて、第2のシリコン単結晶インゴットの育成条件を調整し、前記第2のシリコン単結晶インゴットから製品用シリコンウェーハを切り出すことを特徴とする。

[0023] 本発明によるシリコンウェーハの製造方法は、前記第2のシリコン単結晶インゴットの育成条件を調整することによって、無欠陥領域を有する前記第2のシリコン単結晶インゴットを育成してもよく、ボイド欠陥を含む領域を有する前記第2のシリコン単結晶インゴットを育成してもよく、OSF核を含む領域を有する前記第2のシリコン単結晶インゴットを育成してもよい。また本発明においては、前記第2のシリコン単結晶インゴットの育成条件として、前記第2のシリコン単結晶インゴットの引き上げ速度を調整することが好ましい。このように、サーマルドナー発生速度に基づく評価結果を用いて、様々なタイプのシリコンウェーハを作り分けることができる。

[0024] 本発明においては、前記製品用シリコンウェーハにドナーキラー処理を施すことが好ましい。これによれば、サーマルドナーの影響がないシリコンウェーハ製品を提供することができる。

発明の効果

[0025] 本発明によれば、時間とコストを抑えて簡便な方法でシリコンウェーハの結晶欠陥領域の有無及び結晶欠陥の種類を評価することが可能なシリコンウェーハの評価方法及び製造方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]図1は、本発明の実施の形態によるシリコンウェーハの製造方法を説明するためのフローチャートである。

[図2]図2は、V/Gと結晶欠陥の種類及び分布との一般的な関係を示す図である。

[図3]図3は、サーマルドナー発生速度測定工程を示すフローチャートである。

[図4]図4は、ウェーハ中の結晶欠陥領域の有無及び結晶欠陥の種類の判別工程を示すフローチャートである。

[図5]図5は、上記ウェーハサンプルA1～A3、B1～B3のサーマルドナー発生速度とサーマルドナー発生熱処理時間との関係を示すグラフである。

[図6]図6は、450℃で4時間のサーマルドナー発生熱処理を施したときの、OSFリング発生領域、ボイド欠陥を含む領域、無欠陥領域での、サーマルドナー発生速度と酸素濃度の関係を求めた結果を示すグラフである。

[図7]図7は、図6において、ドナーキラー処理なしのウェーハの各測定ポイントでのサーマルドナー発生速度をドナーキラー処理ありのウェーハの同一測定ポイントでのサーマルドナー発生速度で規格化したグラフである。

発明を実施するための形態

[0027] 以下、添付図面を参照しながら、本発明の好ましい実施の形態について詳細に説明する。

[0028] 図1は、本発明の実施の形態によるシリコンウェーハの製造方法を説明するためのフローチャートである。

[0029] 図1に示すように、本実施形態によるシリコン単結晶の製造方法は、シリコン単結晶インゴットをCZ法により育成する結晶育成工程（S11）と、シリコン単結晶インゴットからシリコンウェーハを切り出すスライス工程（

S 1 2) と、シリコンウェーハの結晶欠陥領域の評価が必要な場合に行われるサーマルドナー発生速度測定工程 (S 1 3 Y, S 1 4) と、サーマルドナーの発生速度の測定結果から結晶欠陥領域の有無及び結晶欠陥の種類を判別する判別工程 (S 1 5) と、結晶欠陥領域の有無及び結晶欠陥の種類を判別結果に基づいて後続のシリコン単結晶インゴットの育成条件を調整する調整工程 (S 1 6 Y, S 1 7) とを有している。

[0030] また本実施形態によるシリコン単結晶の製造方法は、シリコンウェーハの評価が不要な場合に行われるドナーキラー処理工程 (S 1 8) と、ドナーキラー処理後のシリコンウェーハに対して行われる鏡面研磨等の製品加工工程 (S 1 9) とを有している。

[0031] C Z 法により育成されるシリコン単結晶に含まれる結晶欠陥の種類や分布は、シリコン単結晶の引き上げ速度 V と引き上げ軸方向の結晶内温度勾配 G との比 V/G に依存する。そのため、シリコン単結晶中の結晶品質を制御するためには V/G を精密に制御する必要がある。しかし、ある条件下で育成されたシリコン単結晶インゴット (第 1 のシリコン単結晶インゴット) が所望の結晶品質を有するかどうかは、実際に結晶品質を評価してみなければ分からない。

[0032] そこで本実施形態ではシリコン単結晶インゴットから切り出したウェーハ中の結晶欠陥領域の有無及び結晶欠陥の種類を評価する。結晶欠陥領域の有無及び結晶欠陥の種類を評価した結果、所望の結晶品質を満たさない場合には、この評価結果が後続のシリコン単結晶インゴット (第 2 のシリコン単結晶インゴット) の育成工程にフィードバックされ、所望の結晶品質となるように結晶引き上げ速度 V 等の結晶育成条件が調整される。

[0033] 図 2 は、 V/G と結晶欠陥の種類及び分布との一般的な関係を示す図である。

[0034] 図 2 に示すように、 V/G が大きい場合には空孔が過剰となり、空孔の凝集体であるボイド欠陥が発生する。ボイド欠陥は一般的に COP (Crystal Originated Particle) と称される結晶欠陥である。一方、 V/G が小さい場

合には格子間シリコン原子が過剰となり、格子間シリコンの凝集体である転位クラスターが発生する。したがって、COPも転位クラスターも含まない単結晶を製造するためには、単結晶の径方向及び長さ方向（結晶成長方向）の両方に対して V/G を制御しなければならない。

[0035] 結晶引き上げ速度 V は単結晶の径方向のどの位置でも一定であるため、径方向の結晶内温度勾配 G を所定の範囲内に収めるためには、チャンバー内に適切な高温領域（ホットゾーン）を構築する必要がある。径方向の結晶内温度勾配 G は、シリコン融液の上方に設けられた熱遮蔽体によって制御され、これにより固液界面付近に適切なホットゾーンを構築することができる。一方、長さ方向の結晶内温度勾配 G はホットゾーン構造のみならず結晶引き上げ速度 V に依存するので、単結晶引き上げ速度 V を調整する必要がある。現在では、結晶引き上げ速度 V を厳密に制御することによって、COPや転位クラスターを含まない直径300mmのシリコン単結晶が量産されている。

[0036] しかしながら、 V/G を制御して引き上げられたCOP及び転位クラスターを含まないシリコンウェーハはその全面が決して均質ではなく、熱処理された場合の挙動が異なる複数の領域を含んでいる。例えば、COPが発生する領域と転位クラスターが発生する領域との間には、 V/G が大きいほうから順に、OSF領域、Pv領域、Pi領域の三つの領域が存在する。

[0037] OSF領域とは、as-grown状態（単結晶成長後に何の熱処理も行っていない状態）で板状酸素析出物（OSF核）を含んでおり、1000～1200℃の高温で熱酸化処理した場合にOSFが発生する領域である。Pv領域とは、as-grown状態で酸素析出核を含んでおり、低温及び高温（例えば800℃と1000℃）の2段階の熱処理を施した場合に酸素析出物が発生しやすい領域である。Pi領域とは、as-grown状態で酸素析出核をほとんど含んでおらず、熱処理を施しても酸素析出物が発生しにくい領域である。

[0038] 上記のように、 V/G の制御は、主に引き上げ速度 V を調整することにより行われる。例えば、無欠陥領域を主に含むウェーハを望んでいるにもかかわらず、ボイド欠陥を含む領域やOSFリング領域を多く含むウェーハが製

造された場合には、 V/G が大きすぎると判断し、結晶引き上げ速度 V を小さくする。逆にOSFリング領域を主に含むウェーハを望んでいるにもかかわらず無欠陥領域を多く含むウェーハが製造された場合には、 V/G が小さすぎると判断し、結晶引き上げ速度 V を大きくする。このような引き上げ速度 V の調整により、所望の結晶品質を有するシリコン単結晶インゴットを製造することができる。

[0039] シリコン単結晶インゴットが所望の結晶品質を満たすかどうかを判断するため、本実施形態においては、当該インゴットから切り出したシリコンウェーハ中のサーマルドナーの時間変化を測定する。

[0040] CZ法において、シリコン単結晶は、石英ルツボに充填した多結晶シリコン原料を溶解し、その融液から育成されるため、石英ルツボから溶け出した酸素を通常 $1.0 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ (ASTM F-121, 1979) 程度含有している。この酸素は、ウェーハに結晶欠陥を生じさせ、デバイスの特性不良の原因となるが、一方ではデバイスの製造過程においてウェーハの強度を高めて変形を抑止したり、デバイスの動作不良の原因となる重金属をトラップするゲッタリング作用を有する酸素析出物をウェーハ内部に形成させるなど、複雑に作用する。

[0041] 通常、シリコン中の酸素原子は電氣的に中性であり、その電気抵抗に影響を及ぼさない。しかしながら、CZ法で製造したシリコン単結晶は石英ルツボを用いて育成されるため、結晶中に過飽和な酸素を含有し、 450°C 前後の低温で熱処理すると数個の酸素原子が集まって酸素クラスターを形成し、電子を放出するドナーとなることが知られている。

[0042] 450°C 前後の熱処理によって形成されるサーマルドナーは点欠陥の影響を受け、空孔優勢領域(COP領域、OSFリング領域)と無欠陥領域の点欠陥濃度の違いによってサーマルドナー発生速度が異なる。そこで本実施形態では、シリコンウェーハ中に発生するサーマルドナーの発生速度に基づいて、シリコンウェーハ中の結晶欠陥領域の有無及び結晶欠陥の種類を判別するものである。

[0043] サーマルドナー発生速度測定工程（S 1 4）では、スライス工程（S 1 2）によりインゴットから連続して切り出された2枚の評価用シリコンウェーハを用意する。2枚の評価用ウェーハは、インゴットからワイヤソーによって切り出され、粗研磨が施されたウェーハであることが好ましい。そして、一方のウェーハ（第1のウェーハ）にはドナーキラーク処理を予め施すことなくサーマルドナー発生熱処理工程を行い、また他方のウェーハ（第2のウェーハ）にはドナーキラーク処理を予め施した後にサーマルドナー発生熱処理を行い、これら第1及び第2のウェーハの各々のサーマルドナー発生熱処理前後での比抵抗の変化からサーマルドナー発生速度が求められる。

[0044] 図3は、サーマルドナー発生速度測定工程を示すフローチャートである。

[0045] 図3に示すように、サーマルドナー発生速度測定工程（S 1 4）は、as-grown状態の第1及び第2のウェーハを用意する準備工程（S 2 0）、第1のウェーハの比抵抗を測定する比抵抗測定工程（S 2 1）と、比抵抗測定後の第1のウェーハにサーマルドナー発生熱処理を行うサーマルドナー発生熱処理工程（S 2 2）と、サーマルドナー発生熱処理後の第1のウェーハの比抵抗を測定する比抵抗測定工程（S 2 3）と、サーマルドナー発生熱処理前後の2つの比抵抗測定値から第1のサーマルドナー発生速度を算出する工程（S 2 4）とを有している。

[0046] またサーマルドナー発生速度測定工程（S 1 4）は、第2のウェーハにドナーキラーク処理を行う工程（S 2 5）と、ドナーキラーク処理後の第2のウェーハの比抵抗を測定する抵抗測定工程（S 2 6）と、比抵抗測定後の第2のウェーハに第1のウェーハと同様のサーマルドナー発生熱処理を行うサーマルドナー発生熱処理工程（S 2 7）と、サーマルドナー発生熱処理後の第2のウェーハの比抵抗を測定する比抵抗測定工程（S 2 8）と、サーマルドナー発生熱処理前後の2つの比抵抗測定値から第2のサーマルドナー発生速度を算出する工程（S 2 9）とを有している。

[0047] サーマルドナー発生熱処理の温度は430～480℃であることが好ましく、450℃であることが特に好ましい。またサーマルドナー発生熱処理の

時間は1～4時間であることが好ましく、2～4時間であることがさらに好ましい。ドナーキラーク処理は、例えば600～700℃の不活性ガス雰囲気中で行う短時間の熱処理であり、熱処理時間は例えば15分程度である。

[0048] シリコンウェーハ面内の比抵抗は、いわゆる4探針法によって測定することができる。測定した比抵抗をもとにキャリア濃度をアービンカーブから求め、サーマルドナー発生熱処理前後のキャリア濃度をもとにサーマルドナー発生量を求め、サーマルドナー発生熱処理の時間とサーマルドナー発生量との関係からサーマルドナー発生速度を求めることができる。

[0049] 本実施形態においては、シリコンウェーハの径方向に沿って複数の測定ポイントを設定し、各測定ポイントにおいて抵抗測定を行い、測定結果からサーマルドナーの発生速度を算出することが好ましい。こうして測定ポイントごとに結晶欠陥領域の有無及び結晶欠陥の種類を評価することにより、シリコンウェーハの径方向の欠陥マップを作成することができる。

[0050] 図4は、ウェーハ中の結晶欠陥領域の有無及び結晶欠陥の種類の判別工程を示すフローチャートである。

[0051] 図4に示すように、結晶欠陥領域の有無及び結晶欠陥の種類の判別工程（S15）では、第2のサーマルドナー発生速度に対する第1のサーマルドナー発生速度の比を算出し（S30）、この値が1.3以上1.7未満である場合には無欠陥領域であると判別し（S31Y、S34）、1.7以上1.9未満である場合にはボイド欠陥を含む領域であると判別し（S31N、S32Y、S35）、1.9以上2.3未満であるにはOSF核を含む領域であると判別する（S31N、S32N、S33Y、S36）。さらにいずれの数値範囲にも該当しない場合には判別不可（S31N、S32N、S33N、S37）と判別する。

[0052] 以上説明したように、本実施形態によるシリコンウェーハの評価方法は、CZ法によって育成されたシリコン単結晶インゴットからシリコンウェーハを切り出し、シリコンウェーハにサーマルドナー発生熱処理を施したときに発生するサーマルドナーの発生速度を測定し、当該サーマルドナーの発生速

度に基づいて結晶欠陥領域の有無又は結晶欠陥の種類を判別するので、O S F核を含む領域、ボイド欠陥を含む領域、又は無欠陥領域を短時間で簡便に判別することができる。また、従来の評価方法のように例えば銅のデコレーションを施す必要もなく、比較的短時間の低温熱処理で評価が可能であり、時間とコストを抑えて簡便な方法でシリコンウェーハの結晶欠陥領域の有無及び結晶欠陥の種類を評価することができる。

[0053] また、本実施形態によるシリコンウェーハの製造方法は、先行のシリコン単結晶インゴットから切り出した評価用シリコンウェーハのサーマルドナー発生速度を測定し、当該サーマルドナー発生速度の測定結果に基づいて評価用シリコンウェーハ中の結晶欠陥領域の有無又は結晶欠陥の種類を判別し、この判別結果に基づいて後続のシリコン単結晶インゴットの育成条件を調整するので、結晶育成条件を簡便に最適化することができる。

[0054] 以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明は、上記の実施形態に限定されることなく、本発明の主旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能であり、それらも本発明の範囲内に包含されるものであることはいうまでもない。

[0055] 例えば、上記実施形態においては、サーマルドナー発生速度測定工程（S 1 4）においてシリコン単結晶インゴットから切り出した第1及び第2のシリコンウェーハを用意し、第2のウェーハに対してドナーキラーク処理（S 2 5）の後にサーマルドナー発生熱処理（S 2 7）を行って第2のサーマルドナー発生速度を算出しているが、本発明ではそのような第2のサーマルドナー発生速度の算出工程を省略することも可能である。すなわち、第2のシリコンウェーハと同等の他のシリコンウェーハにドナーキラーク処理及びサーマルドナー発生熱処理を行って第2のサーマルドナー発生速度を予め算出したものをデータベース化しておき、第2のサーマルドナー発生速度についてはデータベースから読み出したものを用い、第1のサーマルドナー発生速度のみを測定して、結晶欠陥領域の有無及び結晶欠陥の種類を評価するようにしてもよい。

実施例

- [0056] 結晶欠陥の種類がサーマルドナー発生速度に与える影響を評価した。この評価試験では、直径300mm、面方位(100)のP型シリコン単結晶インゴットをCZ法により育成した。その際、OSFリング発生領域が含まれるようにV/Gを制御しながらシリコン単結晶インゴットを育成した。このシリコン単結晶インゴットの酸素濃度は $5 \times 10^{17} \sim 20 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ (ASTM F-121, 1979)であった。このシリコン単結晶インゴットをスライスすることで、OSFリング発生領域を含む2枚のシリコンウェーハのサンプルA1, B1を得た。ここで、OSFリング発生領域とは、評価熱処理後にOSFリングが発生する領域のことを言い、as-grown状態でOSF核を含む領域のことを言う。
- [0057] ボイド欠陥が存在する領域が含まれるようにV/Gを制御した点以外はサンプルA1, B1と同じ条件下でシリコン単結晶インゴットを育成し、このシリコン単結晶インゴットをスライスすることで、ボイド欠陥が存在する領域を含む2枚のシリコンウェーハのサンプルA2, B2を得た。
- [0058] 無欠陥領域となるようにV/Gを制御した点以外はサンプルA1, B1と同じ条件下でシリコン単結晶インゴットを作製し、このシリコン単結晶インゴットをスライスすることで、無欠陥領域からなる2枚のシリコンウェーハのサンプルA3, B3を得た。
- [0059] その後、シリコンウェーハのサンプルB1, B2, B3の結晶育成中に発生したサーマルドナーを消去するため、700℃の窒素雰囲気中で15分のドナーキラー処理を行った。
- [0060] ドナーキラー処理なしのプロセスによりそれぞれ準備したシリコンウェーハのサンプルA1～A3（実施例1～3）並びにドナーキラー処理ありのプロセスによりそれぞれ準備したシリコンウェーハのサンプルB1～B3（比較例1～3）に450℃の窒素雰囲気中でサーマルドナー発生熱処理を行い、サーマルドナーを発生させた。
- [0061] JIS H 0602:1995に規定された4探針法による比抵抗率測定

方法に従い、各シリコンウェーハのサンプルA 1～A 3、B 1～B 3の比抵抗を測定し、この比抵抗をもとにキャリア濃度をアービンカーブから求めた。さらに、サーマルドナー発生熱処理前後のキャリア濃度をもとに、サーマルドナー発生量を求め、さらに熱処理時間とサーマルドナー発生量の関係からサーマルドナー発生速度を求めた。

[0062] 図5は、上記ウェーハサンプルA 1～A 3、B 1～B 3のサーマルドナー発生速度とサーマルドナー発生熱処理時間との関係を示すグラフであり、横軸は熱処理時間（h）、縦軸はサーマルドナー発生速度（ cm^{-3}/h ）をそれぞれ示している。また特に、このグラフは酸素濃度が $1.1 \times 10^{17} \text{ atoms}/\text{cm}^3$ の条件を満たすウェーハのみでまとめたものである。

[0063] 図5に示すように、熱処理時間が4時間以内では、OSFリング発生領域、ボイド欠陥を含む領域、及び無欠陥領域いずれも、ドナーキラーク処理あり（サンプルB 1、B 2、B 3）よりもドナーキラーク処理なし（サンプルA 1、A 2、A 3）のほうがサーマルドナー発生速度は大きかった。また、ドナーキラーク処理ありではいずれの領域でもサーマルドナー発生速度は同じであったが、ドナーキラーク処理なしでは、OSFリング発生領域、ボイド欠陥を含む領域、無欠陥領域の順にサーマルドナー発生速度は大きくなった。熱処理時間が4時間を越えると、ドナーキラーク処理なしではサーマルドナー発生速度は一旦上昇したのち減少した。一方で、ドナーキラーク処理ありではサーマルドナー発生速度は減少し、16時間以降は全ての条件でサーマルドナー発生速度は同じになった。

[0064] 図6は、450℃で4時間のサーマルドナー発生熱処理を施したときの、OSFリング発生領域、ボイド欠陥を含む領域、無欠陥領域での、サーマルドナー発生速度と酸素濃度の関係性を求めた結果を示すグラフであって、横軸は酸素濃度（ $\times 10^{17} \text{ atoms}/\text{cm}^3$ ）、縦軸はサーマルドナー発生速度（ cm^{-3}/h ）をそれぞれ示している。

[0065] 図6に示すように、いずれの酸素濃度でも図1と同様に、ドナーキラーク処理あり（サンプルB 1、B 2、B 3）よりもドナーキラーク処理なし（サンプ

ル A 1 , A 2 , A 3) のウェーハのほうがサーマルドナー発生速度は大きかった。また、ドナーキラーク処理ありのウェーハではいずれの領域もサーマルドナー発生速度は同じであったが、ドナーキラーク処理なしのウェーハでは、O S F リング発生領域、ボイド欠陥を含む領域、無欠陥領域の順にサーマルドナー発生速度は大きくなった。

[0066] 図 7 は、図 6 のグラフにおいて、ドナーキラーク処理なしのウェーハの各測定ポイントでのサーマルドナー発生速度をドナーキラーク処理ありのウェーハの同一測定ポイントでのサーマルドナー発生速度で規格化したものであって、横軸は酸素濃度 ($\times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$)、縦軸はサーマルドナー発生速度 (規格値) をそれぞれ示している。

[0067] 図 7 に示すように、ドナーキラーク処理なしのウェーハの無欠陥領域でのサーマルドナー発生速度は、ドナーキラーク処理ありのウェーハのサーマルドナー発生速度の 1.3 倍以上 1.7 倍未満であった。また、ドナーキラーク処理なしのウェーハのボイド欠陥を含む領域でのサーマルドナー発生速度は、ドナーキラーク処理ありのウェーハのサーマルドナー発生速度の 1.7 倍以上 1.9 倍未満であった。さらに、ドナーキラーク処理なしのウェーハの O S F リング発生領域でのサーマルドナー発生速度は、ドナーキラーク処理ありのウェーハのサーマルドナー発生速度の 1.9 倍以上 2.3 倍未満であった。

符号の説明

- [0068] S 1 1 結晶育成工程
S 1 2 スライス工程
S 1 3, S 1 4 サーマルドナー発生速度測定工程
S 1 5 判別工程
S 1 6, S 1 7 結晶育成条件調整工程
S 2 0 ウェーハ準備工程
S 2 1 第 1 のウェーハの比抵抗測定工程
S 2 2 第 1 のウェーハのサーマルドナー発生熱処理工程
S 2 3 第 1 のウェーハの比抵抗測定工程

- S 2 4 第 1 のサーマルドナー発生速度算出工程
- S 2 5 第 2 のウェーハのドナーキラーク処理工程
- S 2 6 第 2 のウェーハの比抵抗測定工程
- S 2 7 第 2 のウェーハのサーマルドナー発生熱処理工程
- S 2 8 第 2 のウェーハの比抵抗測定工程
- S 2 9 第 2 のサーマルドナー発生速度算出工程

請求の範囲

[請求項1] チョクラルスキー法によって育成されたシリコン単結晶インゴットから切り出したシリコンウェーハの評価方法であって、前記シリコンウェーハにサーマルドナー発生熱処理を施したときに発生するサーマルドナーの発生速度を測定し、当該サーマルドナーの発生速度に基づいて結晶欠陥領域の有無又は結晶欠陥の種類を判別することを特徴とするシリコンウェーハの評価方法。

[請求項2] 前記シリコン単結晶インゴットから切り出した第1のシリコンウェーハが酸素クラスターを含む状態において前記サーマルドナー発生熱処理を施したときに前記第1のシリコンウェーハ上の第1の測定ポイントに発生するサーマルドナーの発生速度である第1のサーマルドナー発生速度を求め、

前記第1のシリコンウェーハと異なる第2のシリコンウェーハにドナーキラーク処理及び前記サーマルドナー発生熱処理を順に施したときに前記第2のシリコンウェーハ上の第2の測定ポイントに発生するサーマルドナーの発生速度である第2のサーマルドナー発生速度を求め、

前記第2のサーマルドナー発生速度に対する第1のサーマルドナー発生速度の比であるサーマルドナー発生速度比に基づいて、前記第1のシリコンウェーハ上の前記第1の測定ポイントがOSF核を含む領域、ボイド欠陥を含む領域又は無欠陥領域のいずれに該当するかを判別する、請求項1に記載のシリコンウェーハの評価方法。

[請求項3] 前記サーマルドナー発生速度比が第1の速度範囲内にある場合に、前記第1のシリコンウェーハ上の前記第1の測定ポイントが無欠陥領域であると判別し、

前記サーマルドナー発生速度比が前記第1の速度範囲よりも高い第2の速度範囲内にある場合に、前記第1のシリコンウェーハ上の前記第1の測定ポイントがボイド欠陥を含む領域であると判別し、

前記サーマルドナー発生速度比が前記第2の速度範囲よりも高い第3の速度範囲内にある場合に、前記第1のシリコンウェーハ上の前記第1の測定ポイントがO S F核を含む領域であると判別する、請求項2に記載のシリコンウェーハの評価方法。

[請求項4] 前記サーマルドナー発生熱処理は、430℃以上480℃以下で2時間以上4時間以下の熱処理である、請求項1乃至3のいずれか一項に記載のシリコンウェーハの評価方法。

[請求項5] 450℃で4時間の前記サーマルドナー発生熱処理を施したとき、前記サーマルドナー発生速度比が1.3以上1.7未満である場合に、前記第1のシリコンウェーハ上の前記第1の測定ポイントが無欠陥領域であると判別する、請求項2に記載のシリコンウェーハの評価方法。

[請求項6] 450℃で4時間の前記サーマルドナー発生熱処理を施したとき、前記サーマルドナー発生速度比が1.7以上1.9未満である場合に、前記第1の測定ポイントがボイド欠陥を含む領域であると判別する、請求項2又は5に記載のシリコンウェーハの評価方法。

[請求項7] 450℃で4時間の前記サーマルドナー発生熱処理を施したとき、前記サーマルドナー発生速度比が1.9以上2.3未満である場合に、前記第1の測定ポイントがO S F核を含む領域であると判別する、請求項2、5又は6に記載のシリコンウェーハの評価方法。

[請求項8] 前記シリコンウェーハの径方向に沿って設けた複数の測定ポイントの各々において前記サーマルドナーの発生速度を測定することにより、前記シリコンウェーハの径方向の結晶欠陥マップを作成する、請求項1乃至7のいずれか一項に記載のシリコンウェーハの評価方法。

[請求項9] 前記シリコンウェーハの比抵抗を測定し、前記比抵抗をもとにキャリア濃度をアービンカーブから求め、前記サーマルドナー発生熱処理前後のキャリア濃度をもとにサーマルドナー発生量を求め、前記サーマルドナー発生熱処理の時間と前記サーマルドナー発生量との関係か

ら前記サーマルドナー発生速度を求める、請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載のシリコンウェーハの評価方法。

[請求項10] 第 1 のシリコン単結晶インゴットをチョクラルスキー法によって育成し、

前記第 1 のシリコン単結晶インゴットから切り出した評価用シリコンウェーハにサーマルドナー発生熱処理を施したときに発生するサーマルドナーの発生速度を測定し、当該サーマルドナーの発生速度の測定結果に基づいて前記評価用シリコンウェーハ中の結晶欠陥領域の有無又は結晶欠陥の種類を判別し、

前記第 1 のシリコン単結晶インゴットの育成条件及び前記評価用シリコンウェーハ中の結晶欠陥領域の有無又は結晶欠陥の種類を判別結果に基づいて、第 2 のシリコン単結晶インゴットの育成条件を調整し、前記第 2 のシリコン単結晶インゴットから製品用シリコンウェーハを切り出すことを特徴とするシリコンウェーハの製造方法。

[請求項11] 前記第 2 のシリコン単結晶インゴットの育成条件を調整することによって、無欠陥領域を有する前記第 2 のシリコン単結晶インゴットを育成する、請求項 10 に記載のシリコンウェーハの製造方法。

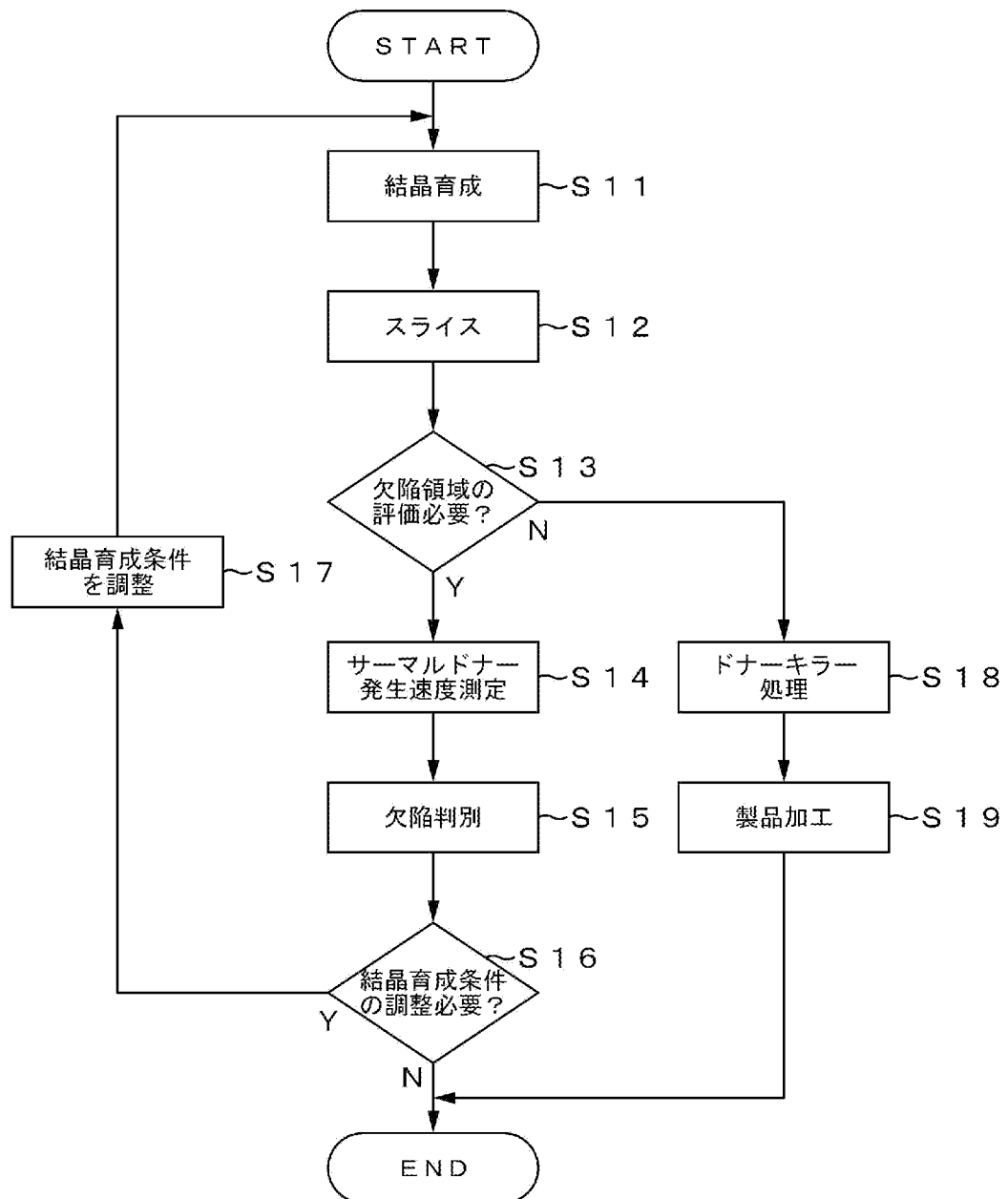
[請求項12] 前記第 2 のシリコン単結晶インゴットの育成条件を調整することによって、ボイド欠陥を含む領域を有する前記第 2 のシリコン単結晶インゴットを育成する、請求項 10 に記載のシリコンウェーハの製造方法。

[請求項13] 前記第 2 のシリコン単結晶インゴットの育成条件を調整することによって、O S F 核を含む領域を有する前記第 2 のシリコン単結晶インゴットを育成する、請求項 10 に記載のシリコンウェーハの製造方法。

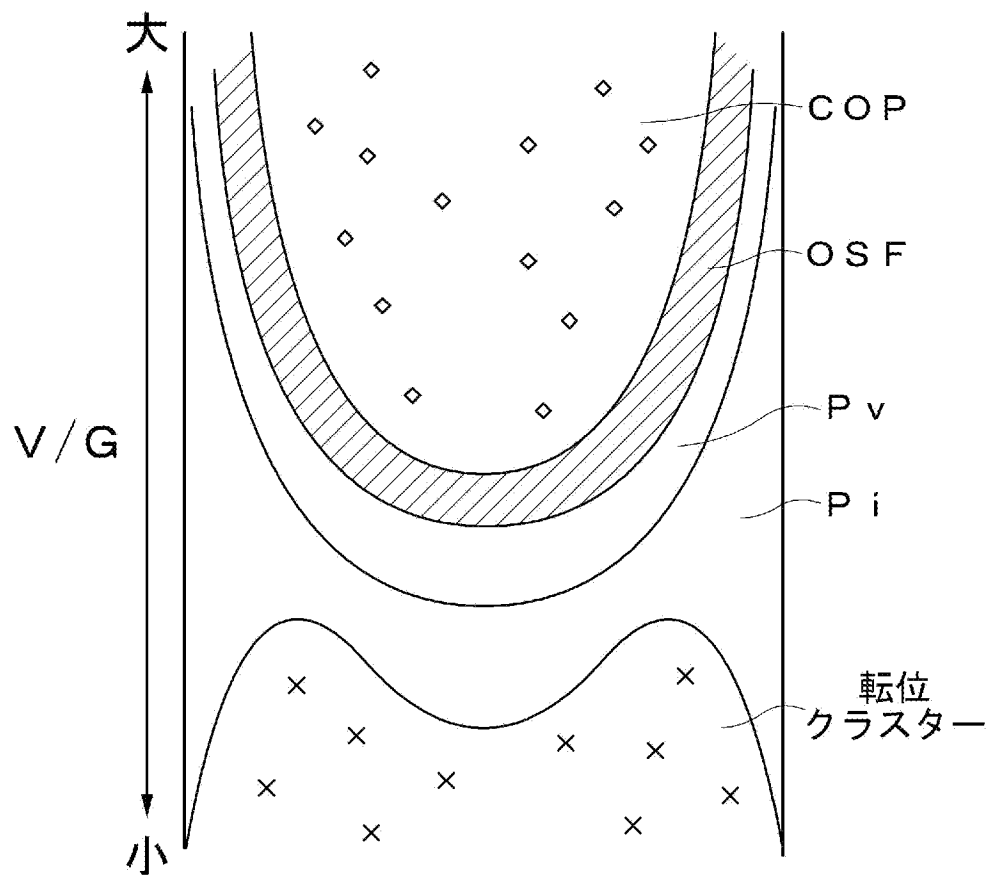
[請求項14] 前記第 2 のシリコン単結晶インゴットの育成条件として、前記第 2 のシリコン単結晶インゴットの引き上げ速度を調整する、請求項 10 乃至 13 のいずれか一項に記載のシリコンウェーハの製造方法。

[請求項15] 前記製品用シリコンウェーハにドナーキラー処理を施す、請求項10乃至14のいずれか一項に記載のシリコンウェーハの製造方法。

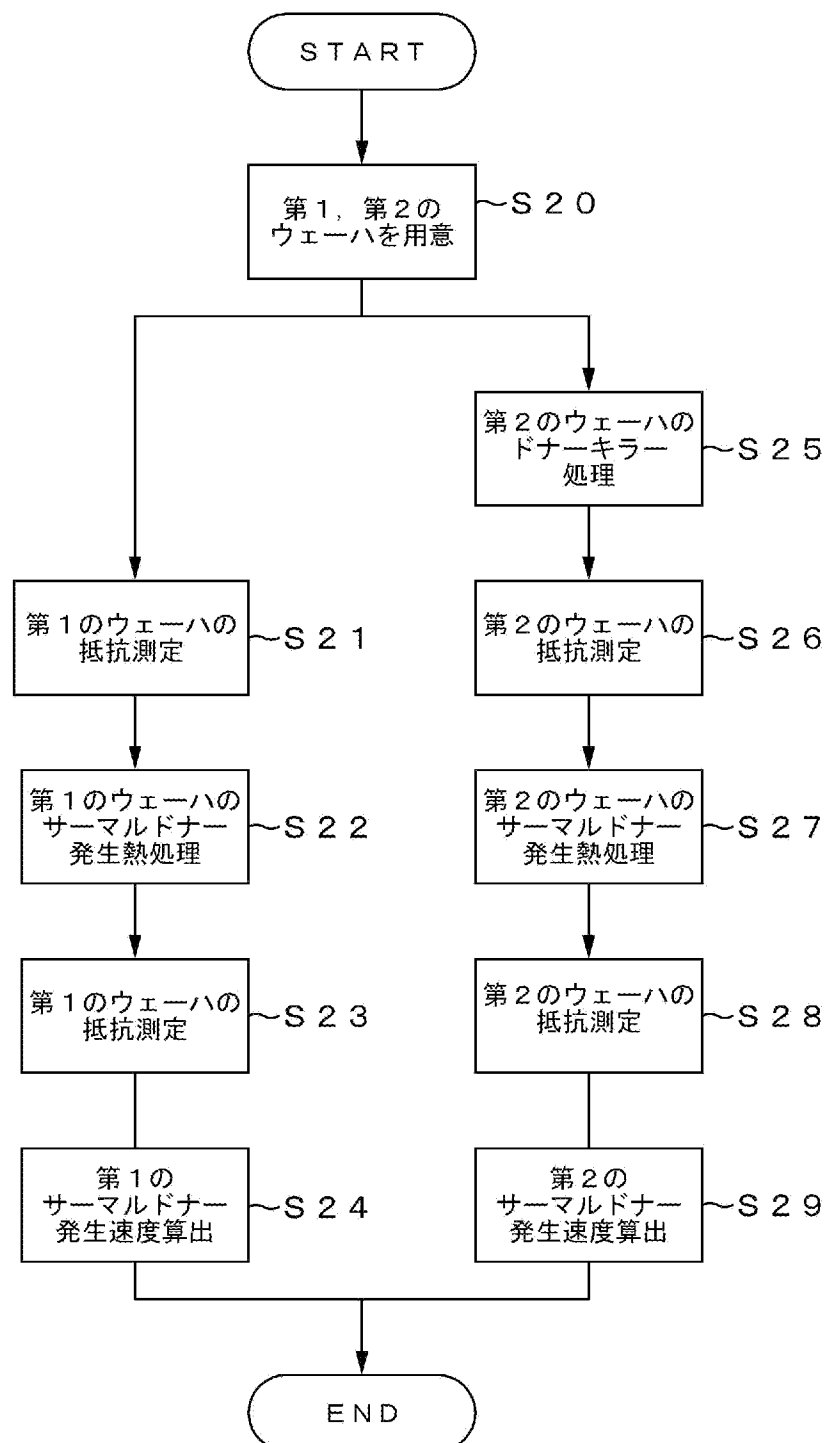
[図1]



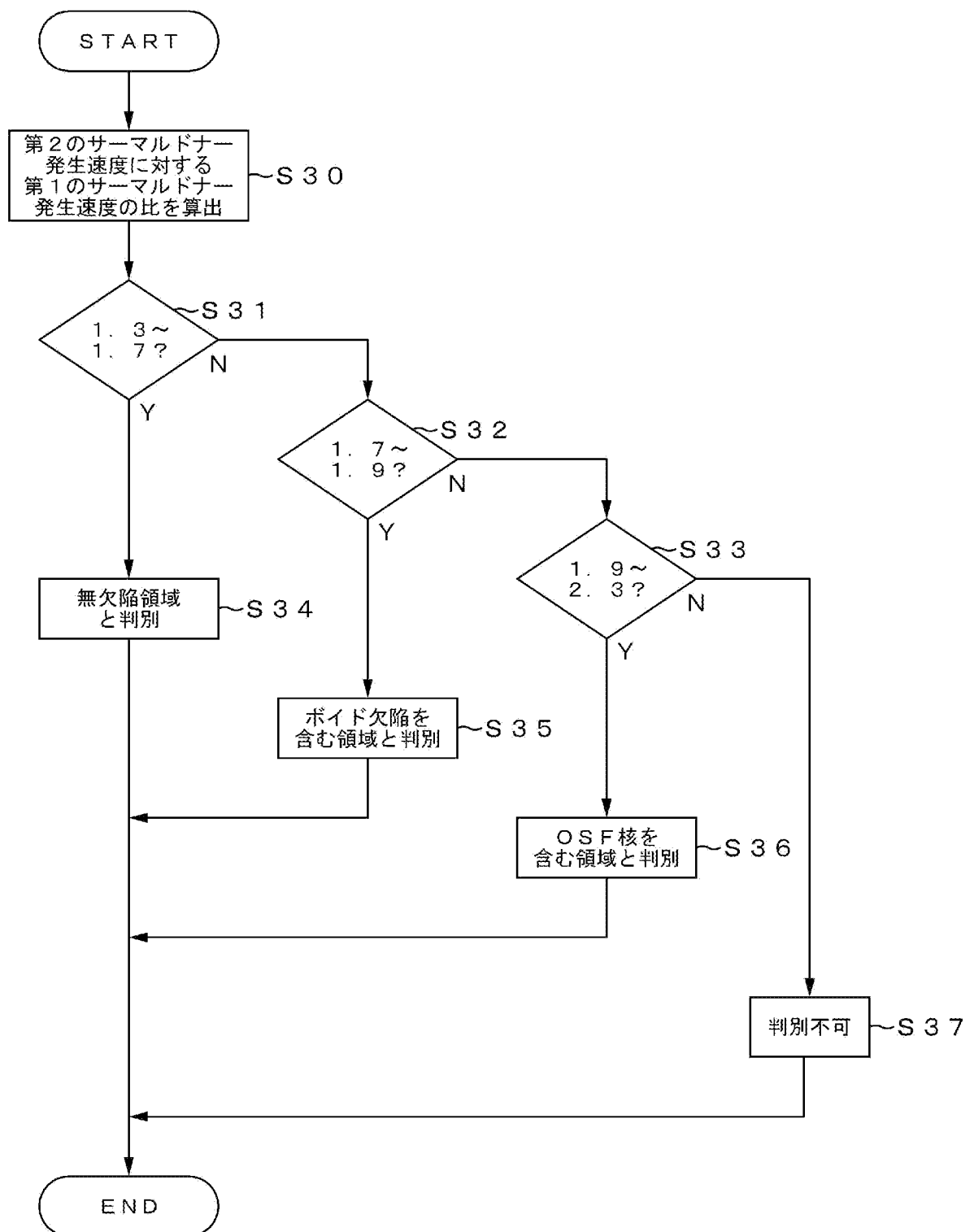
[図2]



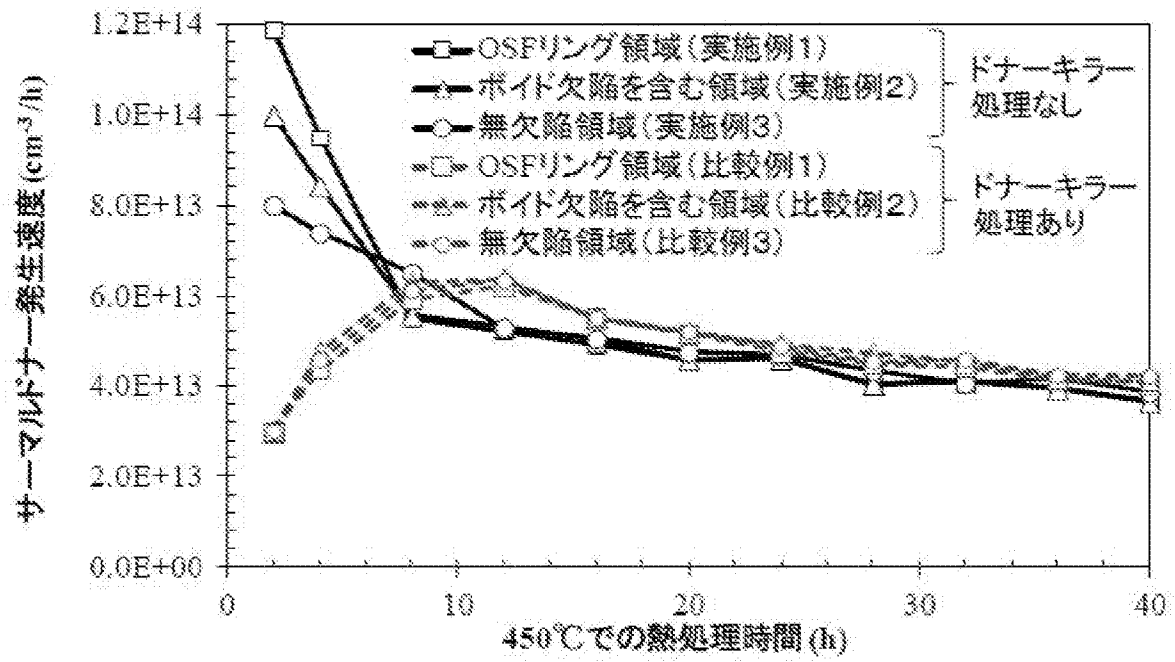
[図3]



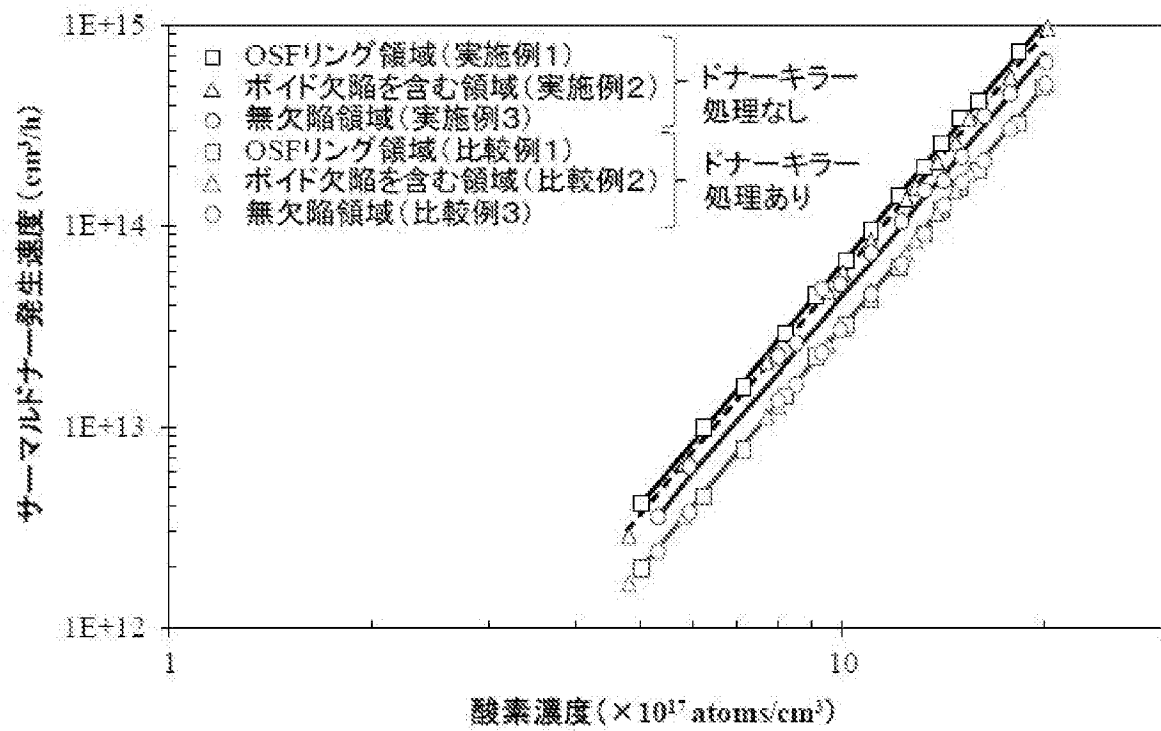
[図4]



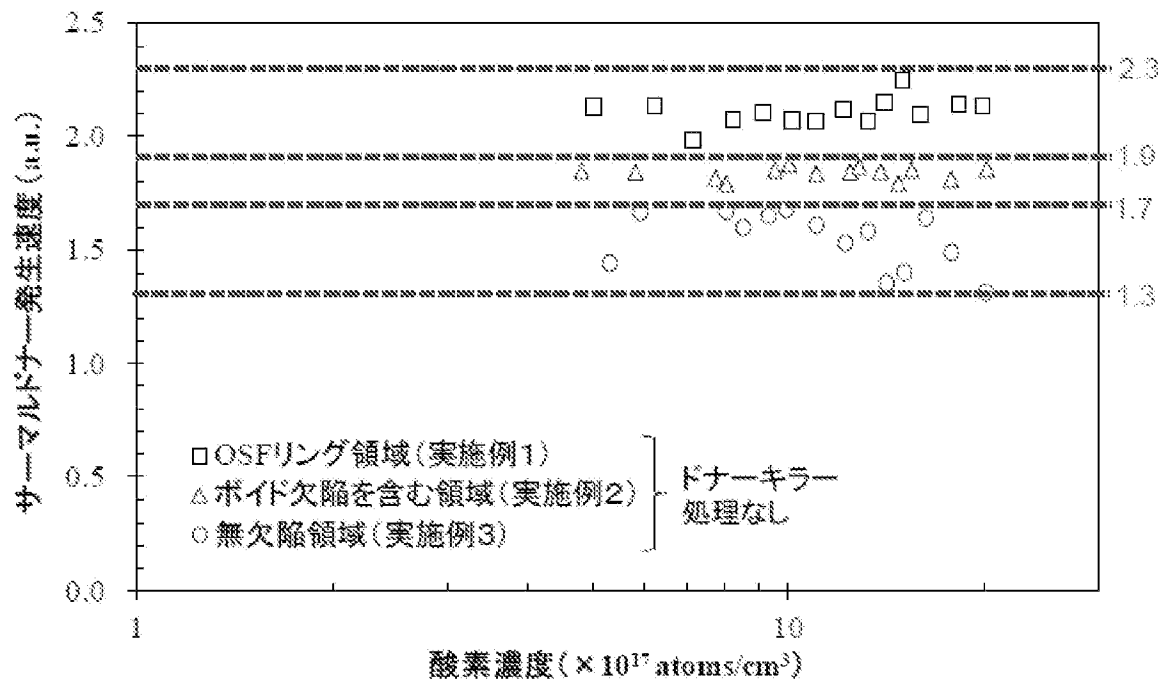
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/006727

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C30B29/06(2006.01)i, C30B15/20(2006.01)i, H01L21/02(2006.01)i, H01L21/66(2006.01)i

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)

C30B29/06, C30B15/20, H01L21/02, H01L21/66

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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 09-082768 A (Hitachi, Ltd.), 28 March 1997 (28.03.1997), claims; paragraph [0027] (Family: none)	1
A	JP 2016-500641 A (Commissariat a l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives), 14 January 2016 (14.01.2016), entire text; all drawings & US 2015/0284875 A1 & WO 2014/064347 A1 & FR 2997096 A1 & KR 10-2015-0074048 A	2-15

☒ 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
27 April 2017 (27.04.17)

Date of mailing of the international search report
16 May 2017 (16.05.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/006727

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2005/071144 A1 (Komatsu Electronic Metals Co., Ltd.), 04 August 2005 (04.08.2005), entire text; all drawings & JP 4901217 B2 & US 2009/0210166 A1 & TW 200526822 A	2-15
A	JP 2008-545605 A (MEMC Electronic Materials, Inc.), 18 December 2008 (18.12.2008), entire text; all drawings & US 2006/0263967 A1 & WO 2006/125069 A2 & KR 10-2008-0017376 A & CN 101228301 A & TW 200720500 A	2-15

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. C30B29/06(2006.01)i, C30B15/20(2006.01)i, H01L21/02(2006.01)i, H01L21/66(2006.01)i

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. C30B29/06, C30B15/20, H01L21/02, H01L21/66

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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 請求項の番号
X	JP 09-082768 A（株式会社日立製作所）1997.03.28, 特許請求の範囲、[0027] （ファミリーなし）	1
A	JP 2016-500641 A（コミサリア ア レネルジー アトミック エ オ ゼネルジー アルテルナティブ）2016.01.14, 全文、全図 & US 2015/0284875 A1 & WO 2014/064347 A1 & FR 2997096 A1 & KR 10-2015-0074048 A	2-15

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

27.04.2017

国際調査報告の発送日

16.05.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

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）

國方 恭子

4G

9540

電話番号 03-3581-1101 内線 3416

C (続き) . 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 請求項の番号
A	WO 2005/071144 A1 (コマツ電子金属株式会社) 2005.08.04, 全文、 全図 & JP 4901217 B2 & US 2009/0210166 A1 & TW 200526822 A	2 - 1 5
A	JP 2008-545605 A (エムイーエムシー・エレクトロニック・マテリア ルズ・インコーポレイテッド) 2008.12.18, 全文、全図 & US 2006/0263967 A1 & WO 2006/125069 A2 & KR 10-2008-0017376 A & CN 101228301 A & TW 200720500 A	2 - 1 5