

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-27093

(P2014-27093A)

(43) 公開日 平成26年2月6日(2014.2.6)

(51) Int.Cl.
H01L 21/302 (2006.01)

F I
H01L 21/302 201A

テーマコード(参考)
5F004

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2012-165794 (P2012-165794)
(22) 出願日 平成24年7月26日 (2012.7.26)

(71) 出願人 000002130
住友電気工業株式会社
大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
(74) 代理人 110001195
特許業務法人深見特許事務所
(72) 発明者 本家 翼
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友
電気工業株式会社伊丹製作所内
(72) 発明者 沖田 恭子
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友
電気工業株式会社伊丹製作所内
Fターム(参考) 5F004 BA19 CA04 DA04 DA24 DA26
DA27 DA29 DB19 EA28 EA34

(54) 【発明の名称】 炭化珪素基板の製造方法

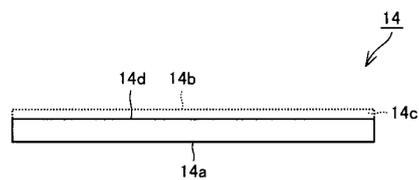
(57) 【要約】

【課題】高精度に加工された炭化珪素基板を製造することが可能な炭化珪素基板の製造方法を提供する。

【解決手段】炭化珪素基板の製造方法は、炭化珪素からなるインゴットを準備する工程と、準備されたインゴットを切断して炭化珪素基板14を得る工程と、炭化珪素基板14のシリコン面10bをエッチングする工程と、炭化珪素基板14がエッチングされた後、炭化珪素基板14のエッチング面14dを研磨する工程とを備えている。炭化珪素基板14をエッチングする工程は、塩素ガスにより、炭化珪素基板14のエッチング主面14dを含むエッチング領域14cから炭化珪素を構成する珪素原子を除去する工程を含んでいる。

【選択図】 図10

図10



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

炭化珪素からなるインゴットを準備する工程と、
準備された前記インゴットを切断して炭化珪素基板を得る工程と、
前記炭化珪素基板の一方の主面をエッチングする工程と、
前記炭化珪素基板がエッチングされた後、前記炭化珪素基板の一方の主面を研磨する工程とを備え、

前記炭化珪素基板をエッチングする工程は、ハロゲン原子を含むガスにより、前記炭化珪素基板の前記主面を含む領域であるエッチング領域から前記炭化珪素を構成する珪素原子を除去する工程を含む、炭化珪素基板の製造方法。

10

【請求項 2】

前記珪素原子を除去する工程では、前記エッチング領域において前記炭化珪素を構成する炭素原子を残存させつつ前記炭化珪素を構成する珪素原子が除去される、請求項 1 に記載の炭化珪素基板の製造方法。

【請求項 3】

前記炭化珪素基板をエッチングする工程は、前記珪素原子を除去する工程の後に、酸化性ガスにより、珪素原子が除去された前記エッチング領域から前記炭化珪素を構成する炭素原子を除去する工程をさらに含む、請求項 1 または 2 に記載の炭化珪素基板の製造方法。

【請求項 4】

前記珪素原子を除去する工程の後であって前記炭素原子を除去する工程の前に、前記ハロゲン原子を含むガスを不活性ガスにより置換する工程をさらに備える、請求項 3 に記載の炭化珪素基板の製造方法。

20

【請求項 5】

前記珪素原子を除去する工程では、塩素ガスまたは塩化水素ガスにより、前記エッチング領域から前記炭化珪素を構成する珪素原子が除去される、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の炭化珪素基板の製造方法。

【請求項 6】

前記炭化珪素基板を得る工程では、100 mm以上の直径を有する前記炭化珪素基板が得られる、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の炭化珪素基板の製造方法。

30

【請求項 7】

前記炭化珪素基板をエッチングする工程では、800 以上 1100 以下の温度において前記炭化珪素基板の前記主面がエッチングされる、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の炭化珪素基板の製造方法。

【請求項 8】

前記炭化珪素基板をエッチングする工程では、1 Pa 以上 100 kPa 未満の圧力において前記炭化珪素基板の前記主面がエッチングされる、請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の炭化珪素基板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は、炭化珪素基板の製造方法に関するものであり、より特定的には、高精度に加工された炭化珪素基板を製造することが可能な炭化珪素基板の製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、半導体装置の高耐圧化、低損失化などを可能とするため、半導体装置を構成する材料としての炭化珪素の採用が進められている。炭化珪素は、従来より半導体装置を構成する材料として広く用いられている珪素に比べてバンドギャップが大きいワイドバンドギャップ半導体である。そのため、半導体装置を構成する材料として炭化珪素を採用するこ

50

とにより、半導体装置の高耐圧化、オン抵抗の低減などを達成することができる。

【0003】

炭化珪素を構成材料として採用する半導体装置には、炭化珪素からなる基板が用いられる。炭化珪素基板は、たとえば昇華再結晶法により種基板上に炭化珪素単結晶を成長させて製造したインゴットを切断することにより得られる。また、炭化珪素基板には、インゴットから切断する際に表面に発生するダメージ層を除去するため、ダイヤモンド砥粒などによる研磨加工が施される。炭化珪素基板の表面に発生するダメージ層を有効に除去するための研磨方法としては、たとえば荒研磨した炭化珪素基板の表面を酸化し、さらに仕上げ研磨により表面に形成された酸化膜を除去する方法などが提案されている（たとえば、特許文献1参照）。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2009-283629号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

インゴットを切断して得られた炭化珪素基板は、表面に発生するダメージ層の影響により基板の反りが大きい状態となっている。また、特許文献1において提案されている研磨方法では、基板の反りを十分に低減することができる程度にまでダメージ層を除去することは困難である。そのため、炭化珪素基板の研磨においては基板の反りに起因して加工精度が低下し、その結果、高精度に加工された炭化珪素基板を得ることが困難になるという問題がある。

20

【0006】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、高精度に加工された炭化珪素基板を製造することが可能な炭化珪素基板の製造方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の炭化珪素基板の製造方法は、炭化珪素からなるインゴットを準備する工程と、準備されたインゴットを切断して炭化珪素基板を得る工程と、炭化珪素基板の一方の主面をエッチングする工程と、炭化珪素基板がエッチングされた後、炭化珪素基板の一方の主面を研磨する工程とを備えている。炭化珪素基板をエッチングする工程は、ハロゲン原子を含むガスにより、炭化珪素基板の上記主面を含む領域であるエッチング領域から炭化珪素を構成する珪素原子を除去する工程を含んでいる。

30

【0008】

本発明の炭化珪素基板の製造方法では、炭化珪素基板を研磨する前に、炭化珪素基板の上記主面を含むエッチング領域から炭化珪素を構成する珪素原子を除去することにより、炭化珪素基板の上記主面がエッチングされる。これにより、炭化珪素基板を研磨する前に、炭化珪素基板の反りを予め低減することができる。その結果、炭化珪素基板の研磨加工の精度をより向上させることができる。したがって、本発明の炭化珪素基板の製造方法によれば、高精度に加工された炭化珪素基板を製造することができる。

40

【0009】

上記炭化珪素基板の製造方法において、珪素原子を除去する工程では、エッチング領域において炭化珪素を構成する炭素原子を残存させつつ炭化珪素を構成する珪素原子が除去されてもよい。これにより、炭化珪素基板の反りをより確実に低減することができる。

【0010】

上記炭化珪素基板の製造方法において、炭化珪素基板をエッチングする工程は、珪素原子を除去する工程の後に、酸化性ガスにより、珪素原子が除去されたエッチング領域から炭化珪素を構成する炭素原子を除去する工程をさらに含んでもよい。これにより、炭化珪素基板の反りをさらに確実に低減することができる。

50

【0011】

上記炭化珪素基板の製造方法は、珪素原子を除去する工程の後であって炭素原子を除去する工程の前に、ハロゲン原子を含むガスを不活性ガスにより置換する工程をさらに備えていてもよい。これにより、ハロゲン原子を含むガスと珪素原子との反応物と、酸化性ガスとの反応による生成物の発生を抑制することができる。

【0012】

上記炭化珪素基板の製造方法において、珪素原子を除去する工程では、塩素ガスまたは塩化水素ガスにより、エッチング領域から炭化珪素を構成する珪素原子が除去されてもよい。このように、上記工程では、炭化珪素基板のエッチングに適した塩素ガスまたは塩化水素ガスを好適に採用することができる。

10

【0013】

上記炭化珪素基板の製造方法において、炭化珪素基板を得る工程では、100mm以上の直径を有する炭化珪素基板が得られてもよい。このように、上記炭化珪素基板の製造方法は、大口径の炭化珪素基板の製造方法において好適に採用することができる。

【0014】

上記炭化珪素基板の製造方法において、炭化珪素基板をエッチングする工程では、800以上1100以下の温度において炭化珪素基板の上記主面がエッチングされてもよい。このように、上記工程では、炭化珪素基板の上記主面を効果的にエッチングすることが可能な温度条件を採用することができる。

20

【0015】

上記炭化珪素基板の製造方法において、炭化珪素基板をエッチングする工程では、1Pa以上100kPa未満の圧力において炭化珪素基板の上記主面がエッチングされてもよい。このように、上記工程では、炭化珪素基板の上記主面を効果的にエッチングすることが可能な圧力条件を採用することができる。

【発明の効果】

【0016】

以上の説明から明らかなように、本発明の炭化珪素基板の製造方法によれば、高精度に加工された炭化珪素基板を製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】炭化珪素基板の製造方法を概略的に示すフローチャートである。

【図2】炭化珪素基板の製造方法を説明するための概略図である。

【図3】炭化珪素基板の製造方法を説明するための概略図である。

【図4】炭化珪素基板の製造方法を説明するための概略図である。

【図5】炭化珪素基板の製造方法を説明するための概略図である。

【図6】炭化珪素基板の製造方法を説明するための概略図である。

【図7】炭化珪素基板の製造方法を説明するための概略図である。

【図8】炭化珪素基板の製造方法を説明するための概略図である。

【図9】炭化珪素基板の製造方法を説明するための概略図である。

【図10】炭化珪素基板の製造方法を説明するための概略図である。

【図11】炭化珪素基板の製造方法を説明するための概略図である。

30

40

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、図面に基づいて本発明の実施の形態を説明する。なお、以下の図面において同一または相当する部分には同一の参照番号を付し、その説明は繰返さない。

【0019】

本発明の一実施の形態の炭化珪素基板の製造方法について説明する。図1を参照して、まず、工程(S10)として、インゴット準備工程が実施される。この工程(S10)では、以下に説明する工程(S11)～(S13)が実施されることにより、炭化珪素からなるインゴットが準備される。

50

【0020】

まず、工程(S11)として、種基板準備工程が実施される。この工程(S11)では、図2を参照して、主面10a, 10bを有し、炭化珪素からなる種基板10が準備される。種基板10は、たとえば円板形状を有し、直径が100mm以上である。

【0021】

次に、工程(S12)として、種基板貼付工程が実施される。この工程(S12)では、まず、図4を参照して、カーボン製のるつぼ4から蓋部材5が取り外される。次に、図3を参照して、主面10aが蓋部材5の支持面5aに対向するように、種基板10が蓋部材5に貼り付けられる。種基板10は、たとえばカーボン接着剤により蓋部材5に貼り付けられる。

10

【0022】

次に、工程(S13)として、単結晶成長工程が実施される。この工程(S13)では、以下のようにして種基板10の主面10b上に炭化珪素単結晶膜12を成長させることによりインゴット13が得られる。図4を参照して、まず、粉末状の炭化珪素原料11がるつぼ本体4A内に収容される。次に、種基板10が貼り付けられた蓋部材5がるつぼ本体4Aに設置される。これにより、種基板10は、主面10bが炭化珪素原料11に対向するようにるつぼ4内に配置される。

【0023】

次に、るつぼ4内を真空排気しつつ所定温度にまで昇温する。次に、るつぼ4内にアルゴン(Ar)などの不活性ガスを導入する。次に、るつぼ4内を炭化珪素単結晶の成長温度(2000以上2400以下)にまで昇温する。次に、るつぼ4内を真空排気して所定圧力にまで減圧し、炭化珪素単結晶膜12の成長を開始させる。このようにして、種基板10の主面10b上に炭化珪素単結晶膜12が成長したインゴット13が得られる。

20

【0024】

次に、工程(S20)として、切断工程が実施される。この工程(S20)では、以下のようにして、上記工程(S10)において準備されたインゴット13を切断することにより炭化珪素基板が得られる。まず、図5および図6を参照して、インゴット13がその側面の一部が支持台7により支持されるように設置される。次に、ワイヤー6が、インゴット13の直径方向に沿った方向に走行しつつ、その走行方向に垂直な方向である切断方向に沿ってインゴット13に接近し、ワイヤー6とインゴット13とが接触する。そして、ワイヤー6が切断方向に沿って進行し続けることにより、インゴット13が切断され、図7に示すような炭化珪素基板14が得られる。

30

【0025】

次に、工程(S30)として、エッチング工程が実施される。この工程(S30)では、以下に説明する工程(S31)~(S33)が実施されることにより、上記工程(S20)において得られた炭化珪素基板14の一方の主面であるシリコン(Si)面14bがエッチングされる。

【0026】

まず、工程(S31)として、第1エッチング工程が実施される。この工程(S31)では、図8を参照して、まず、炭化珪素基板14がエッチングされるべきシリコン面14bを上方に向けた状態で反応管1のエッチング室1A内に設置される。次に、エッチング室1A内が所定の圧力にまで真空排気される。次に、エッチング室1A内の真空状態を維持しつつ、反応管1の外部に配置されたヒータ2, 3によりエッチング室1A内を800以上1100以下の温度にまで昇温する。

40

【0027】

次に、ハロゲン原子を含むガスである塩素(Cl_2)ガスを、反応管1のガス導入口(図示しない)からエッチング室1A内に導入しつつ、ガス排出口(図示しない)より排出する。エッチング室1A内の圧力は、1Pa以上100kPa未満とされる。このように塩素ガスをエッチング室1A内に所定流量で所定時間流すことにより、炭化珪素基板14のシリコン面14bにおいて、 $SiC + Cl_2 \rightarrow SiCl_4$ 、の反応が起こる。これによ

50

り、図9に示すように炭化珪素基板14のシリコン面14bを含むエッチング領域14cから炭化珪素基板14の炭化珪素を構成する珪素(Si)原子が選択的に除去され、炭化珪素基板14を構成する炭素(C)原子が残存する。

【0028】

次に、工程(S32)として、窒素置換工程が実施される。この工程(S32)では、図8を参照して、エッチング室1A内が真空排気された後、不活性ガスである窒素(N₂)ガスをガス導入口からエッチング室1A内に導入しつつ、ガス排出口より排出する。これにより、上記工程(S31)後にエッチング室1A内に残存した塩素ガスおよび四塩化珪素(SiCl₄)ガスが窒素ガスにより置換される。なお、エッチング室1A内に導入する不活性ガスは、窒素(N₂)ガスに限定されるものではなく、たとえばアルゴン(Ar)などの希ガスであってもよい。

10

【0029】

次に、工程(S33)として、第2エッチング工程が実施される。この工程(S40)では、まず、エッチング室1A内の温度が800以上1100以下に維持された状態において、酸化性ガスである酸素(O₂)ガスをガス導入口からエッチング室1A内に導入しつつ、ガス排出口より排気する。エッチング室1A内の圧力は1Pa以上100kPa未満とされる。このように酸素ガスをエッチング室1A内に所定流量で所定時間流すことにより、炭化珪素基板14のエッチング領域14cにおいて、SiC + O₂ → SiC + CO₂の反応が起こる。これにより、珪素原子が除去されたエッチング領域14cから炭化珪素基板14の炭化珪素を構成する炭素原子がさらに除去される。その結果、図10に示すように、炭化珪素基板14からエッチング領域14cが除去され、エッチング面14dが形成される。また、酸化性ガスは、酸素ガスに限定されるものではなく、たとえばオゾン(O₃)ガスや水素(H₂)ガスなどであってもよい。このようにして、上記工程(S31)~(S33)が実施されることにより、炭化珪素基板14のシリコン面14bがエッチングされ、工程(S30)が完了する。なお、本実施の形態では、炭化珪素基板14のシリコン面14bがエッチングされる場合について説明したが、シリコン面14bとは反対側の面であるカーボン面14aがエッチングされてもよい。

20

【0030】

次に、工程(S40)として、研磨工程が実施される。この工程(S40)では、以下のようにして、上記工程(S30)においてエッチングされた炭化珪素基板14の一方の主面であるエッチング面14dが研磨される。図11を参照して、まず、研磨されるべきエッチング面14dが回転定盤8の研磨面8aと接触するように、炭化珪素基板14が研磨装置9に配置される。回転定盤8の研磨面8a上には、たとえばダイヤモンド砥粒などの高硬度な砥粒が固定されている。次に、研磨面8a上にスラリーを供給しつつ、回転軸9aを所定の回転速度で所定時間だけ回転させる。このとき、図11中矢印に示すように、炭化珪素基板14に対してカーボン面14a側から所定の荷重を加える。このようにして、炭化珪素基板14のエッチング面14dが研磨される。なお、本実施の形態では、炭化珪素基板14のエッチング面14dが研磨される場合について説明したが、エッチング面14dとは反対側の面であるカーボン面14aが研磨されてもよいし、エッチング面14dおよびカーボン面14aのそれぞれが研磨されてもよい。

30

40

【0031】

次に、工程(S50)として、評価検査工程が実施される。この工程(S50)では、炭化珪素基板14の結晶欠陥などの品質が検査される。以上の工程(S10)~(S50)が実施されることにより、炭化珪素基板14が製造され、本実施の形態の炭化珪素基板の製造方法が完了する。

【0032】

以上のように、本実施の形態の炭化珪素基板の製造方法では、炭化珪素基板14を研磨する前に、炭化珪素基板14のシリコン面14bを含むエッチング領域14cから炭化珪素を構成する珪素原子を除去することにより、炭化珪素基板14のシリコン面14bがエッチングされる。そのため、炭化珪素基板14を研磨する前に、炭化珪素基板14の反り

50

を予め低減することができる。このように炭化珪素基板 14 の反りを低減してその表面を平坦化することにより、炭化珪素基板 14 を研磨する際に、炭化珪素基板 14 の表面と回転定盤 8 の研磨面 8 a との貼付精度をより向上させることができる。その結果、炭化珪素基板 14 の研磨加工における精度をより向上させることができる。したがって、本実施の形成の炭化珪素基板の製造方法によれば、高精度に加工された炭化珪素基板 14 を製造することができる。

【0033】

また、本実施の形態において、工程 (S31) では、塩素ガスによりエッチング領域 14 c から珪素原子が除去されてもよいが、これに限られるものではない。たとえば、塩化水素 (HCl) ガスによりエッチング領域 14 c から珪素原子が除去されてもよい。このように、工程 (S31) では、炭化珪素基板 14 のエッチングに適した塩素ガスまたは塩化水素ガスをエッチングガスとして好適に採用することができる。

10

【0034】

また、上述のように、本実施の形態では、工程 (S30) は、珪素原子を除去する工程 (S31) の後に、炭素原子を除去する工程 (S33) をさらに含んでもよい。この工程 (S33) は、本発明の炭化珪素基板の製造方法において必須の工程ではないが、これを実施することにより炭化珪素基板 14 の反りをより確実に低減することができる。

【0035】

また、上述のように、本実施の形態では、工程 (S31) の後であって工程 (S33) の前に、塩素ガスを窒素ガスにより置換する工程 (S32) が実施されてもよい。これにより、工程 (S31) において生成した四塩化珪素ガスと、酸素ガスとが反応して二酸化珪素 (SiO_2) を生成することを抑制することができる。

20

【0036】

また、本実施の形態では、工程 (S20) において、100 mm 以上の直径を有する炭化珪素基板 14 が得られてもよい。このように、本実施の形態の炭化珪素基板の製造方法は、大口径の炭化珪素基板の製造方法において好適に採用することができる。

【0037】

また、上述のように、本実施の形態では、工程 (S30) において、800 以上 1100 以下の温度において炭化珪素基板 14 のシリコン面 14 b がエッチングされてもよい。このように、この工程 (S30) では、炭化珪素基板 14 のシリコン面 14 b を効果的にエッチングすることが可能な温度条件を採用することができる。

30

【0038】

また、上述のように、本実施の形態では、工程 (S30) において、1 Pa 以上 100 kPa 未満の圧力において炭化珪素基板 14 のシリコン面 14 b がエッチングされてもよい。このように、この工程 (S30) では、炭化珪素基板 14 のシリコン面 14 b を効果的にエッチングすることが可能な圧力条件を採用することができる。

【0039】

また、本実施の形態では、工程 (S20) において、インゴット 13 を切断することにより得られた炭化珪素基板 14 にさらに面取り加工が施されてもよい。本実施の形態の炭化珪素基板の製造方法では、面取り加工により炭化珪素基板 14 の表面にダメージ層が発生した場合でも、後のエッチング工程 (S30) においてこれを容易に除去することができる。

40

【実施例 1】

【0040】

炭化珪素基板の反りによる研磨加工の精度に関して、本発明の効果を確認する実験を行った。まず、炭化珪素からなる種基板を準備した。次に、種基板の結晶成長面上に炭化珪素単結晶膜を形成することによりインゴットを製造した。次に、インゴットを切断することにより、3 インチの直径を有する炭化珪素基板を得た。次に、炭化珪素基板をエッチングすべきシリコン (Si) 面が上方を向いた状態で反応管のエッチング室内に設置した。エッチング室の容積は 14 L であった。次に、エッチング室内を真空引きして 50 Pa ま

50

で減圧した。次に、エッチング室内の真空状態を維持しつつ、1000まで昇温した。次に、塩素ガスをエッチング室内に導入した。塩素ガスは0.3 L/minの流量で30分間導入した。次に、エッチング室内を真空排気した後に窒素ガスにより置換した。次に、酸素ガスをエッチング室内に導入した。酸素ガスは、2 L/minの流量で5分間導入した。そして、エッチングの実施前後における炭化珪素基板の厚みの変化およびS O R Iの変化を調査した。また、炭化珪素基板のカーボン(C)面をエッチングした場合についても同様に調査した。

【0041】

上記実験の結果について説明する。まず、エッチングの実施前後における炭化珪素基板の厚みの変化は、シリコン面では8 μm、カーボン面では20 μmであった。これにより、本発明の炭化珪素基板の製造方法では、炭化珪素基板のエッチングによりその厚みが大きく変化することが確認された。また、エッチングの実施前は、炭化珪素基板のS O R Iが11.4 μmであったのに対し、エッチングの実施後は、炭化珪素基板のS O R Iが9.7 μmにまで改善されていた。これにより、本発明の炭化珪素基板の製造方法では、炭化珪素基板の反りを低減することにより、研磨加工の精度をより向上させることが可能であることが確認された。

10

【0042】

今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって、制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味、および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

20

【産業上の利用可能性】

【0043】

本発明の炭化珪素基板の製造方法は、高精度に加工された炭化珪素基板を製造することが要求される炭化珪素基板の製造方法において、特に有利に適用され得る。

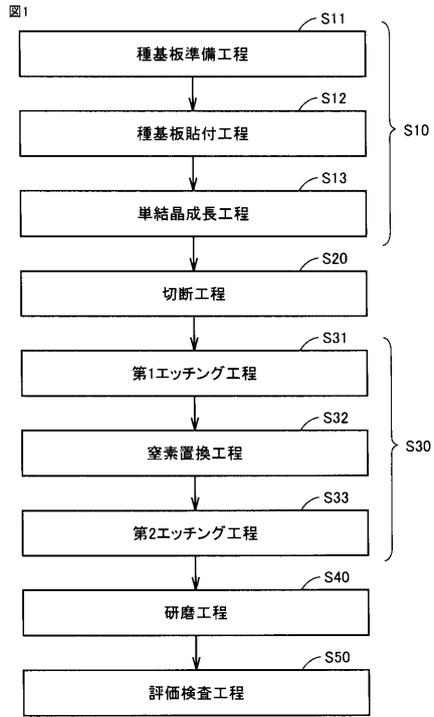
【符号の説明】

【0044】

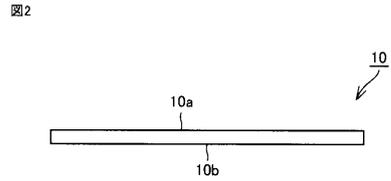
1 反応管、1 A エッチング室、2, 3 ヒータ、4 りつぼ、4 A りつぼ本体、5 蓋部材、5 a 支持面、6 ワイヤー、7 支持台、8 回転定盤、8 a 研磨面、9 研磨装置、9 a 回転軸、10 種基板、10 a, 10 b, 14 a, 14 b 主面、11 炭化珪素原料、12 炭化珪素単結晶膜、13 インゴット、14 c エッチング領域、14 d エッチング面。

30

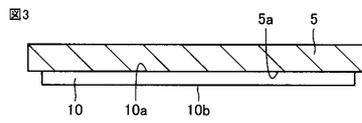
【 図 1 】



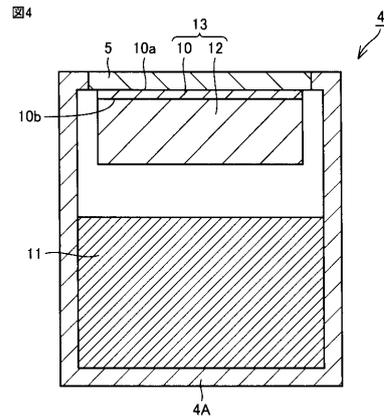
【 図 2 】



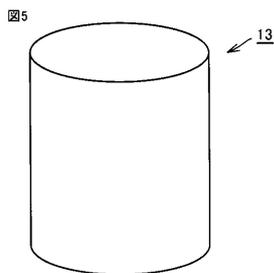
【 図 3 】



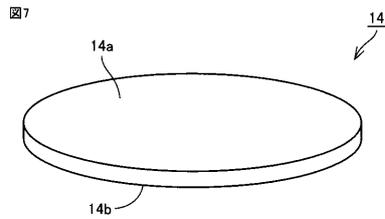
【 図 4 】



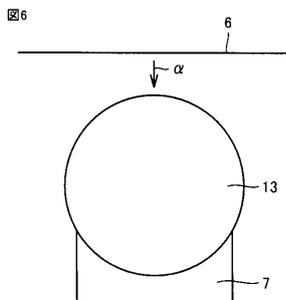
【 図 5 】



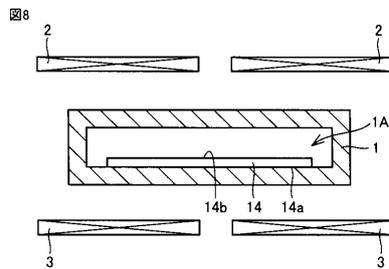
【 図 7 】



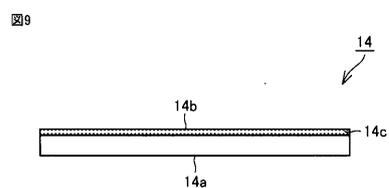
【 図 6 】



【 図 8 】

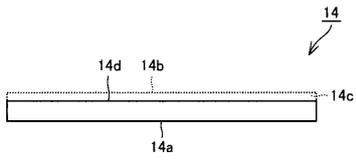


【 図 9 】



【 図 1 0 】

図10



【 図 1 1 】

図11

