

明 細 書

発明の名称：多結晶シリコンロッド

技術分野

[0001] 本発明は、多結晶シリコンロッドに関し、さらに詳しくはチョクラルスキー（CZ）法によるシリコン単結晶の製造原料またはキャスティング法によるシリコンインゴットの製造原料として好ましく用いられる多結晶シリコンロッドに関する。

背景技術

[0002] シリコン単結晶の原料である多結晶シリコンを製造する方法としてシーメンス法が知られている。シーメンス法は、ベルジャー型の反応器内部に配置されたシリコン芯線を通電によってシリコンの析出温度に加熱し、ここにトリクロロシラン（ SiHCl_3 ）やモノシラン（ SiH_4 ）等のシラン化合物のガスと水素を供給し、化学気相析出法によりシリコン芯線上に多結晶シリコンを析出させ、高純度の多結晶シリコンロッドを得る。CZ法によるシリコン単結晶の製造においては、多結晶シリコンロッドは、適当な大きさに破碎され、溶融坩堝に投入、融解し、種結晶を用いて単結晶インゴットを引き上げる。また、キャスティング法によるシリコンインゴットの製造においては、同様に溶融坩堝に投入、融解し、融解液を冷却凝固させインゴットを形成させる。

[0003] 多結晶シリコンロッドの融解は、不活性雰囲気下で、ロッドの破砕片が充填された溶融坩堝を加熱して行う。本発明者らは、融解時のエネルギー効率を向上すべく種々検討を行っているが、原料となる多結晶シリコンロッドの性状によって、溶融に要する熱エネルギーが異なることを発見した。

[0004] 特許文献1（特開2008-285403号公報）には、多結晶シリコンロッドの亀裂や破損を防止することを目的として、針状結晶の含有量を低減し、大部分が微結晶で構成される多結晶シリコンロッドが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2008-285403号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかし、特許文献1のような微結晶を主体として構成された多結晶シリコンロッドは、融解に必要な時間が長く、エネルギー量が増加する傾向にある。この知見から、多結晶シリコンロッドの融解性に、ロッドを構成する結晶粒の大きさが影響を及ぼしていると推定し、本発明者らはさらに検討を行い、ロッドを構成する結晶粒を粗大化し、粗大結晶の割合が多くなるほど、融解に要するエネルギー量が低減される傾向にあることを見出し、本発明を完成するに至った。

[0007] 本発明は、上記のような知見に基づいてなされたものであり、融解に要するエネルギー量が少なく、シリコン単結晶製造原料またはキャストイング法シリコンインゴット製造原料として用いた際に、エネルギーコスト削減に寄与しうる多結晶シリコンロッドを提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0008] 上記目的を達成する本願発明は、下記の要旨を含む。

(1) シリコン芯線を中心に放射状に多結晶シリコンを析出させた多結晶シリコンロッドであって、円柱状のロッドを軸方向に対して垂直に切断した切断面において、芯線部分を除いた面で観察される結晶のうち、長径が $50\mu\text{m}$ 以上である粗大結晶粒子の面積割合が20%以上であることを特徴とする、多結晶シリコンロッド。

[0009] (2) 粗大結晶が、 $50\sim 1000\mu\text{m}$ の平均長径を有する、(1)に記載の多結晶シリコンロッド。

[0010] (3) 直径が $90\sim 180\text{mm}$ である、(1)または(2)に記載の多結晶シリコンロッド。

- [0011] (4) シリコン芯線を中心に放射状に多結晶シリコンを析出させた多結晶シリコンロッドであって、その芯線を除く析出方向の断面において、断面方向の熱伝導率が、 $100 \sim 150 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ である(1)に記載の多結晶シリコンロッド。
- [0012] (5) チョクラルスキー法による単結晶シリコンの製造原料またはキャスティング法によるシリコンインゴットの製造原料として用いられる(1)～(4)の何れかに記載の多結晶シリコンロッド。

発明の効果

- [0013] 本発明の多結晶シリコンロッドは、特有の微細構造を有し、熱伝導率が高い。このことは、同重量の多結晶シリコンロッドと比較して、融解に要するエネルギー量が少なくなることを意味する。したがって、本発明の多結晶シリコンロッドは、シリコン単結晶製造原料またはキャスティング法シリコンインゴット製造原料として用いた際に、エネルギーコスト削減に寄与しうる。

図面の簡単な説明

- [0014] [図1]図1は本発明の一実施形態による多結晶シリコンロッドの断面の概略図を示す。
- [図2]図2は多結晶シリコンロッドの製造装置の一例の概略図である。
- [図3]図3は実施例における結晶撮影箇所の一例を示す。
- [図4]図4は試料2のロッド断面における結晶撮影像である。
- [図5]図5は試料4のロッド断面における結晶撮影像である。
- [図6]図6は試料6のロッド断面における結晶撮影像である。

発明を実施するための形態

- [0015] 以下、本発明を、実施形態に基づき説明する。

本発明に係る多結晶シリコンロッド20は、図1に断面の概略を示したように、シリコン芯線10を中心に多結晶シリコンが析出されてなる。多結晶シリコンは、ポリシリコンとも呼ばれ、通常は微細なシリコン結晶の集合体である。本発明の多結晶シリコンロッドにおいては、多結晶シリコンが主と

して粗大結晶粒子 11 からなる。具体的には、多結晶シリコンロッド 20 の放射断面（軸方向に対して垂直な断面）を観察した際に、芯線 10 の部分を除いた任意の視野における粗大結晶粒子 11 の面積割合の平均値が 20% 以上であり、好ましくは 25% 以上、さらに好ましくは 35% 以上である。また、さらに好適な態様では、芯線 10 の部分を除いた、いずれの領域においても、粗大結晶粒子 11 の面積割合が 20% 以上であり、好ましくは 25% 以上、さらに好ましくは 35% 以上である。ここで、粗大結晶粒子とは、ロッドの軸方向に対して略垂直な切断面において観察される結晶粒子の長径が $50\text{ }\mu\text{m}$ 以上の粒子をいう。

[0016] 粗大結晶粒子 11 の切断面において観察される形状は特に限定はされず、該切断面における結晶粒子の見え方によって異なるものとなる。例えば、結晶自体の形状が針状である場合、結晶が切断面に横たわる場合は、針状に、また、針状結晶の立ち上がり具合によって、略楕円状、略円状へと変化する。従って、本発明において、粗大結晶の長径は、例えば、針状、略楕円状などの異形状粒子の場合、観察面における長手方向の結晶長であり、略円形状の場合にはその直径に相当する。また、上記粗大粒子の長径平均値は好ましくは $50\sim 1000\text{ }\mu\text{m}$ 、さらに好ましくは $70\sim 800\text{ }\mu\text{m}$ である。

[0017] 多結晶シリコンロッド 20 が、粗大結晶粒子を、上記面積割合で含むと、融解条件下で速やかに熔融し、CZ 法によるシリコン単結晶製造または坩堝によるキャスティング法によるシリコンインゴット製造におけるエネルギーコストが低減されうる。かかる効果が奏される理由は必ずしも明らかではないが、粗大結晶粒子が比較的多量に存在することで、伝熱を阻害する粒界が少なくなり、伝熱効率が高くなるためと考えられる。

[0018] 粗大結晶の面積割合およびその結晶サイズは、ロッド断面を撮影した画像を演算処理して求められる。具体的には、まず、多結晶シリコンロッド 20 を軸方向に対して略垂直に切断し、円盤形状のシリコンウエハを得る。次いで、観察面を研磨し、平滑面を得る。研磨に続いて必要に応じてエッチング処理することで、観察面の平滑性がさらに向上し、観察面における撮影画像

のコントラストが鮮明になる。画像の撮影は、コンピュータに接続されたカメラにより行ってもよく、別途撮影された画像データをコンピュータに入力してもよい。

[0019] 得られた画像データの解析には旭化成エンジニアリング株式会社製「A像くん（商品名）」を使用し、後述する実施例に記載の方法で粒子解析を行う。粒子解析によって、粗大結晶の長径、および粗大粒子の占める面積割合が得られる。

[0020] また、多結晶シリコンロッドの直径は、好ましくは90mm～180mm、さらに好ましくは110mm～160mmである。多結晶シリコンロッドの直径が大きいほど、一度の製造工程で多量の原料が得られる。

[0021] また、多結晶シリコンロッドの熱伝導率は、好ましくは100～150W/m・Kであり、さらに好ましくは110～140W/m・Kである。熱伝導率が大きいほど伝熱効率が高く、融解条件下で速やかに熔融し、CZ法によるシリコン単結晶製造および坩堝によるキャスティング法によるシリコンインゴット製造におけるエネルギーコストが低減されと考えられる。

[0022] 熱伝導率の測定には、レーザーフラッシュ法熱定数測定装置が用いられる。具体的には、後述する実施例に記載の方法で行い、得られた比熱、熱拡散率及び密度より以下の式で得ることができる。

$$\text{熱伝導率} = \text{比熱} \times \text{熱拡散率} \times \text{密度}$$

[0023] 上記のような多結晶シリコンロッド20は、融解条件下で速やかに熔融するという特性を生かして、CZ法によりシリコン単結晶を製造する際または坩堝によるキャスティング法によりシリコンインゴットを製造する際のシリコン融液の原料として好ましく用いられる。

[0024] 本発明の多結晶シリコンロッドは、多結晶シリコンの析出条件を制御したシーメンス法により得ることができる。シーメンス法では、図2に概略を示すような、一般にはベルジャーと呼ばれる反応器2を備えた製造装置を用いる。

[0025] 典型的な製造装置における反応器2は、底板6に対して着脱自在に連結さ

れるベルジャー型のカバー４を有する。底板６には、少なくとも一対以上の電極１２が装着してある。電極１２の数は、反応器２の内部に設置されるシリコン製の芯線１０の数に対応して決定される。

[0026] 反応器２の内部に設置されるシリコン製の芯線１０は、一対の電極１２を相互に接続するように、逆Ｕ字形状に設置され、電極１２を介して通電可能になっている。電極は、カーボン、ＳＵＳ、Ｃｕなどにより形成されている。

[0027] 芯線１０は、たとえば別途製造された多結晶シリコンロッドから棒状の部材を切り出し、これを逆Ｕ字状になるように連結して構成される。芯線の短手方向の断面形状は、円状、楕円状、略方形状、あるいは多角形状のいずれであってもよい。たとえば、略方形の場合、一辺の長さは、５～１５ｍｍ程度である。芯線を通電し、反応ガスを供給することで、芯線１０の周囲に、多結晶シリコンが析出し、多結晶シリコン製のロッド２０が形成される。芯線１０の数に対応した数でロッド２０が形成される。

[0028] カバー４は天井部と側面部が一体となっている構造でもよいし、フランジや溶接により結合された構造であってもよい。

[0029] カバー４には、反応器２の内部を観察することができる透明で耐熱性の窓部材８が、少なくとも一つ設置してあることが好ましい。窓部材８の外部には、たとえば赤外線温度センサなどの非接触式温度計３８が設置してあっても良い。温度計３８は、反応器２の内部に配置してあるロッド２０の表面温度を計測可能にしてあり、計測された温度信号が、反応器２の外部に配置してある制御装置３２に入力されるようになっていても良い。

[0030] 原料ガス供給ポート１４に原料ガスを供給する供給ラインの途中には、原料ガス供給ポート１４から反応器２の内部に供給されるガスの流量を調整するための原料ガス流量制御部が装着してある。原料ガス供給ポート１４および原料ガス排出ポート１６は、単一の反応器２に複数設けても良い。

[0031] カバー４および底板６は、たとえばステンレス金属などの耐熱性部材で構成してあり、内表面と外表面とからなる二重構造となっている。カバー４と

底板 6 のそれぞれの二重構造の内部に冷却通路が形成しており、カバー 4 は、冷媒供給ポート 15 a から冷媒を供給し、冷媒排出ポート 17 a から冷媒を排出する冷却通路により冷却され、底板 6 は、冷媒供給ポート 15 b から冷媒を供給し、冷媒排出ポート 17 b から冷媒を排出する他の冷却通路により冷却される。

[0032] 冷媒供給ポート 15 a、15 b に冷媒を供給する供給ラインの途中には、冷媒供給ポート 15 a、15 b から反応器 2 の内部に供給される冷媒流量を調整するための冷媒流量制御部 42 a および 42 b が装着してある。冷媒流量制御部 42 a、42 b は制御装置 32 により制御され、たとえば、電磁弁により構成される。

[0033] 冷媒供給ポートに冷媒を供給する供給ラインの途中には、冷媒供給ポート 15 a、15 b から反応器 2 の内部に供給される冷媒の温度を検出するための温度検出部 50 a および 50 b が装着してあることが好ましい。また、冷媒排出ポート 17 a、17 b から排出された冷媒が通る排出ラインにも温度検出部 52 a および 52 b が装着してあることが好ましく、反応器 2 から冷媒排出ポート 17 a、17 b に排出される冷媒の温度を検出することができる。これらから検出される温度差、冷媒流量に基づいて、除熱量を算出できる。

[0034] 検出された温度信号は、反応器 2 の外部に配置してある制御装置 32 に入力される。

[0035] 冷媒排出ポート 17 a、17 b から排出された冷媒は、図示省略してある熱交換機により再冷却され温度調節されて冷媒供給ポート 15 a、15 b に戻るように構成してあることが好ましいが、戻らせることなく、加熱された冷媒を、他の用途に用いても良い。

[0036] 芯線 10 に接続してある電極 12 には、電力供給手段 30 が接続してある。電力供給手段 30 は、制御装置 32 により制御される。

[0037] 上述した装置を用いて多結晶シリコン製のロッド 20 を製造するには、以下のようにして行われる。すなわち、電極 12 を介して芯線 10 への通電を

開始し、通電加熱によって、芯線 10 の温度をシリコンの析出温度以上に加熱する。シリコンの析出温度は、約 600℃ 以上であるが、芯線 10 上にシリコンを迅速に析出させるため、一般的には、900～1100℃ 程度の温度に保持されるように、シリコン芯線 10 が通電加熱される。

[0038] 芯線 10 への通電を開始すると同時に、あるいは芯線 10 の温度がシリコンの析出温度以上に達した時点で、反応器 2 内に、供給ポート 14 から、原料ガスとしてシランガスおよび還元ガスを供給し、これら原料ガスの反応（シランの還元反応）によってシリコンを生成させる。

[0039] 原料ガス供給ポート 14 から供給されるシランガスとしては、モノシラン、トリクロロシラン、四塩化ケイ素、モノクロロシラン、ジクロロシランなどのシラン化合物のガスが使用され、一般的には、トリクロロシランガスが好適に使用される。また、還元ガスとしては、通常、水素ガスが使用される。

[0040] なお、上記の原料ガスにおいては、一般に還元性ガス（水素ガス）が過剰に使用される。

[0041] また、原料ガスとして、還元ガスを用いず、モノシランのみを供給し、モノシランの熱分解によってシリコンを生成することも可能である。

[0042] 上記の反応により生成したシリコンは、芯線 10 上に析出し、この反応を継続して行うことにより、芯線 10 上のシリコンが放射状に成長し、最終的に多結晶シリコンからなるロッド 20 が得られる。

[0043] 上記したような多結晶シリコンロッド製造装置を用い、多結晶シリコンの析出条件を適宜に設定することで、本発明の多結晶シリコンロッドが得られる。

[0044] 具体的には、多結晶シリコンの析出速度を比較的速くすることで、粗大結晶が生成しやすくなる。多結晶シリコンロッドは、上記のように芯線 10 を中心としてシリコンが放射状に成長して得られる。この際の成長速度を、ロッド直径の増加速度で定義した場合に、1. 1 mm/時以上、好ましくは 1. 2～3. 0 mm/時、さらに好ましくは 1. 3～2. 5 mm/時に設定す

ることで、粗大結晶を多く含む、本発明の多結晶シリコンロッドが得られる。

[0045] ロッドの成長速度は、主としてロッドの表面温度と、原料ガスの供給量により決定される。表面温度が高くなるほど成長速度は速くなる。また、反応器内の原料ガス濃度が高いほど、ロッドの成長速度は速くなる。ただし、原料ガス供給量、原料ガス組成比、原料ガス供給温度および反応器内圧力などを変化させることにより、反応器内の温度が低下すること、ロッドの成長速度が低下すること、あるいは結晶成長核が多く生成することが起こり、粗大結晶の成長が妨げられることがある。

[0046] したがって、電極に対する通電量や冷却媒体の流通量、原料ガス供給量などを適宜制御することで、ロッドの成長速度を適当な範囲に制御するとともに、粗大結晶の成長を促進でき、粗大結晶を多く含む、本発明の多結晶シリコンロッドを得ることができる。

[0047] 何ら限定に解釈されるものではないが、本発明のロッドの好適な製造条件としては、たとえば、ロッド表面温度を $1050\sim1200^{\circ}\text{C}$ 、好ましくは $1080^{\circ}\text{C}\sim1150^{\circ}\text{C}$ とする。また、クロロシランの水素還元を行う場合には、原料ガス組成比（水素とクロロシランの合計量に対するクロロシランの比率）を7モル％～30モル％とし、ガス供給量を $0.01\sim0.1\text{ mol/cm}^2\cdot\text{h}$ 、好ましくは $0.03\sim0.07\text{ mol/cm}^2\cdot\text{h}$ とし、原料ガス供給温度を $30^{\circ}\text{C}\sim200^{\circ}\text{C}$ の範囲内で制御することが好ましい。

[0048] 上記のようにして、一定の厚みのロッド20が得られた段階で反応を終了し、芯線10への通電を停止し、反応器2内から未反応のシランガス、水素ガスおよび副生した四塩化ケイ素や塩化水素等を排気した後、ベルジャー型のカバー4を開放し、ロッド20が取り出される。

[0049] なお、本実施形態では、シリコンの析出終了後、一般的に「アニール」処理を行うことが好ましい。これにより、ロッド20の内部に生成した歪を有効に解消することができる。

実施例

[0050] 以下、本発明を、さらに詳細な実施例に基づき説明するが、本発明は、これら実施例に限定されない。なお、以下の実施例および比較例において、「粗大結晶粒子の面積割合、長径」および「ロッドの熱伝導率」は、次のように評価した。

[0051] (粗大結晶粒子の面積割合、長径)

切断面の結晶観察および結晶撮影はシリコンロッド外皮部とシリコン芯線を通る任意の直線に対し、図3に示した通りの6箇所について実施する。観察箇所をコンピュータに接続した光学顕微鏡下、視野範囲を3.5mm×2.5mmとして撮影し、画像データを得る。得られた画像データを画像解析ソフトにより解析し、粒子解析データを得る。画像解析ソフトには、旭化成エンジニアリング株式会社製 A像くんを使用する。コントラスト設定は、画像を濃淡256階調に分割し、濃度160階調を二値化の閾値に決定し、閾値より明るい部分を粒子と判定する。この粒子の領域より、ノイズ排除及び微細粒子排除のために、50μm未満の領域を除外し、残る領域を粗大粒子として粒度解析を実施する。粒度解析により、粗大粒子の長径、および粗大粒子の占める面積割合を求める。

[0052] (ロッドの熱伝導率)

熱伝導率の測定には、レーザーフラッシュ法熱物性値測定装置（装置メーカー：京都電子工業社製 LFA-502）を使用する。はじめに、多結晶シリコンロッド20を結晶成長方向に対して略垂直に割り貫き、次いで、略垂直に切断し小円盤状のシリコンサンプルを得る。切断面を研磨し、平滑面とし、測定試料とする。10mmφ×3mmの試験片を用い、試料表面へレーザーパルス光を照射した。照射光が熱として試料厚み方向へ拡散することで試料全体が均一な温度（ θ_m ）へ上昇する。これにより比熱を得ることが出来る。次に試料温度が $\theta_m/2$ に到達するまでに要した時間から熱拡散率を得ることができる。熱伝導率は以下の式から得ることができる。得られる熱伝導率は、ロッドの長手方向（軸方向）での熱伝導率である。

熱伝導率＝比熱×熱拡散率×密度

[0053] 試料 1 ～ 6

棒状の多結晶シリコン芯線（短手断面：一辺 8 mm の方形）を連結して、高さ 2000 mm の逆 U 字型のシリコン芯線を、ロッド 10 本（逆 U 字型 5 対）立ての反応器 2 中に組み上げて、シリコン芯線 10 に通電し、ロッド表面を所定温度まで加熱し、所定温度に達した後シリコン析出用原料ガス（トリクロロシランと水素の混合ガス）を反応器 2 に供給し、所定のロッド表面温度が維持されるように、通電量、原料ガス供給量、冷媒流通量を制御し、表 1 記載のロッド平均成長速度にて、ロッド直径 120 mm となるまで多結晶シリコンを析出させた。

[0054] 得られたロッドについて、上記の方法により「粗大結晶粒子の面積割合、長径」および「ロッドの熱伝導率」を測定した。結果を表 1 に示す。

また、図 4 に試料 2 のロッド断面における結晶撮影像を示し、図 5 および図 6 にそれぞれ試料 4 および試料 6 のロッド断面における結晶撮影像を示す。

なお、上記において、試料 1 ～ 3 は、本発明の比較例に相当し、試料 4 ～ 6 は実施例に相当する。

以上、申し述べたように、本発明の多結晶シリコンロッドは、特有の微細構造を有し、熱伝導率が高い。このことは、同重量の多結晶シリコンロッドと比較して、融解に要するエネルギー量が少なくなることを意味する。したがって、本発明の多結晶シリコンロッドは、シリコン単結晶製造原料またはキャスト法シリコンインゴット製造原料として用いた際に、エネルギーコスト削減に寄与する。

[0055]

[表1]

表 1	成長条件		断面		粗大結晶	ロード 熱伝導率
	表面温度	平均成長速度	粗大粒子面積割合		長径平均値	
	℃	mm/時		%	μm	
試料 1	950	0.55	a-1	5.3	62.6	90
			a-2	3.9	60.4	
			a-3	4.8	59.6	
			b-1	4.8	62.1	
			b-2	8.6	71.9	
			b-3	8.3	71.4	
			平均	6.0	全平均: 64.7	
試料 2	1000	0.77	a-1	14.8	89.7	93
			a-2	11.4	102.6	
			a-3	12.2	97.0	
			b-1	10.5	106.9	
			b-2	10.7	81.6	
			b-3	10.5	89.8	
			平均	11.7	全平均: 94.6	
試料 3	1030	0.95	a-1	27.1	110.4	95
			a-2	19.3	109.7	
			a-3	14.3	100.0	
			b-1	20.2	98.6	
			b-2	16.9	108.5	
			b-3	15.2	98.7	
			平均	18.8	全平均: 104.3	
試料 4	1050	1.1	a-1	32.9	127.5	110
			a-2	40.9	138.4	
			a-3	29.5	121.3	
			b-1	34.6	124.5	
			b-2	43.0	135.3	
			b-3	37.2	120.9	
			平均	36.4	全平均: 128	
試料 5	1080	1.3	a-1	49.2	149.0	115
			a-2	52.6	143.3	
			a-3	67.8	133.3	
			b-1	53.3	125.5	
			b-2	59.2	136.4	
			b-3	61.2	147.0	
			平均	57.2	全平均: 139.1	
試料 6	1100	1.5	a-1	73.5	149.2	120
			a-2	85.8	171.4	
			a-3	81.4	166.6	
			b-1	91.7	168.9	
			b-2	88.5	157.7	
			b-3	85.9	142.7	
			平均	84.5	全平均: 157.8	

符号の説明

[0056] 2… 反応器

- 4 … カバー
- 6 … 底板
- 8 … 窓部材
- 9 … 冷却通路
- 10 … 芯線
- 11 … 粗大結晶粒子
- 12 … 電極
- 14 … 原料ガス供給ポート
- 16 … 原料ガス排出ポート
- 15 a、15 b … 冷媒供給ポート
- 17 a、17 b … 冷媒排出ポート
- 20 … ロッド
- 30 … 電力供給手段
- 32 … 制御装置
- 38 … 非接触式温度計
- 42 a、42 b … 冷媒流量制御部
- 50 a、50 b、52 a、52 b … 温度検出部

請求の範囲

- [請求項1] シリコン芯線を中心に放射状に多結晶シリコンを析出させた多結晶シリコンロッドであって、円柱状のロッドを軸方向に対して垂直に切断した切断面において、芯線部分を除いた面で観察される結晶のうち、長径が $50\mu\text{m}$ 以上である粗大結晶粒子の面積割合が20%以上であることを特徴とする、多結晶シリコンロッド。
- [請求項2] 粗大結晶が、 $50\sim 1000\mu\text{m}$ の平均長径を有する、請求項1に記載の多結晶シリコンロッド。
- [請求項3] 直径が $90\sim 180\text{mm}$ である、請求項1または2に記載の多結晶シリコンロッド。
- [請求項4] シリコン芯線を中心に放射状に多結晶シリコンを析出させた多結晶シリコンロッドであって、その芯線を除く析出方向の断面において、断面方向の熱伝導率が、 $100\sim 150\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ である請求項1に記載の多結晶シリコンロッド。
- [請求項5] チョクラルスキー法による単結晶シリコンの製造原料またはキャスティング法によるシリコンインゴットの製造原料として用いられる請求項1～4の何れかに記載の多結晶シリコンロッド。