

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 3 部門第 1 区分

【発行日】平成30年4月26日(2018.4.26)

【公表番号】特表2017-512739(P2017-512739A)

【公表日】平成29年5月25日(2017.5.25)

【年通号数】公開・登録公報2017-019

【出願番号】特願2016-558387(P2016-558387)

【国際特許分類】

C 3 0 B 29/06 (2006.01)

C 0 1 B 33/12 (2006.01)

【F I】

C 3 0 B 29/06 5 0 3

C 0 1 B 33/12 Z

【手続補正書】

【提出日】平成30年3月12日(2018.3.12)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 0 9

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 0 9】

【図 1 A】本発明の実施形態に基づく融液処理装置の断面図を示す。

【図 1 B】熱拡散バリアの代替的な実施形態の詳細を示す。

【図 2】他の実施形態による融液処理装置の断面図を示す。

【図 3 A】本発明のさらに他の実施形態による操作中における装置の端面方向から見た断面図を示す。

【図 3 B】図 3 A の装置における側面方向から見た断面図を示す。

【図 3 C】本発明の付加的な実施形態による構成の装置を示す。

【図 4】3 つの異なるジオメトリの下で行った融液の露出面における熱流シミュレーションを含む複合図を示す。

【図 5 A】熱が融液を流れるときの熱流密度を増大させるよう熱拡散バリアアセンブリを構成した装置の一実施形態を示す。

【図 5 B】図 5 A の装置における一操作段階を示す。

【図 5 C】図 5 A の装置における他の操作段階を示す。

【図 6】様々な状況における例示的熱流密度曲線を示す。

【図 7】様々な付加的状況における例示的熱流密度曲線を示す。

【図 8】更なる実施形態による装置の操作の一実施例を示す。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 1 3

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 1 3】

図 1 A の実施例において、熱拡散バリアアセンブリ 1 0 8 は、第 1 熱拡散バリア 1 1 0 及び第 2 熱拡散バリア 1 1 1 を有し、それらは図示のように互いに対向させて配置する。様々な実施形態において、るつぼ 1 0 4 並びに第 1 熱拡散バリア 1 1 0 及び第 2 熱拡散バリア 1 1 1 は、とくに、シリコン融液に使用するのに適している石英ガラスから構成する。熱拡散バリアアセンブリ 1 0 8 は、るつぼ 1 0 4 に機械的に固着する、又はるつぼ 1 0

4の一部として一体形成することができる。様々な実施形態において、熱拡散バリアアセンブリ108は、例えば、 $0.1\text{ W/cm}\cdot\text{K}$ 未満の低い熱伝導率を有し得る。この値は、融解シリコンよりずっと低い熱伝導率であり、融解シリコンの熱伝導率は $1685\text{ K}$ で $0.6\text{ W/cm}\cdot\text{K}$ の範囲内と測定されている。例えば、シリコンの融点温度範囲における石英ガラスの熱伝導率は、 $0.05\text{ W/cm}\cdot\text{K}$ の範囲内と測定されており、その範囲は、シリコン融液の熱伝導率よりも一桁以上低い。この低熱伝導率の特徴は、有利にも、以下で詳述する実施形態において利用し、融液106のような融液に供給される熱の熱流を制限する。熱拡散バリアとして使用する他の適切な実施例は、内側部分と、及び融解シリコン接触する外殻とから成る構造を有し、外殻は石英ガラスから構成する。このようにして、外側部分は、融解シリコンに対して無反応性の材料であることを示す。図1Bは、熱拡散バリアの代替的な実施形態の詳細を示す。一実施例において、熱拡散バリア120は、全体的に石英ガラスのような単一材料から構成した中実構体とすることができる。他の実施例において、熱拡散バリア130は、石英ガラスのような材料から成る殻132を有することができる。石英ガラスは、シリコンとの反応に抵抗性があるため、シリコン融液での使用に適する。加えて、熱拡散バリア130は、熱拡散バリアに対して全体的に低熱伝導率を与えるように構成した内側部分134を有することができる。熱拡散バリア130のこの実施例は、石英ガラスから構成する場合の殻132が、石英ガラスよりも低いことすらある低熱伝導率を有する内側部分134を完全に包囲するものとすることができ、熱拡散バリアの熱伝導率は、例えば、 $0.05\text{ W/cm}\cdot\text{K}$ より低くなり得る。例えば、内側部分134は、低熱伝導率を有するガス媒体または他の媒体とすることができる。一実施例において、内側部分134は、シリカエーロゲル又は極低熱伝導率を有する他の構体とすることができる。この熱拡散バリア130の全体的熱伝導率はいくつかの例において $0.02\text{ W/cm}\cdot\text{K}$ 、又はそれより低くなり得る。内側部分134は、石英ガラス殻によって封止することができるため、内側部分134は、さもないと融解シリコンと反応し得る低熱伝導率材料、例えばジルコニア織成材から構成することができる。実施形態はこの内容において限定されない。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0016】

異なる実施形態において、熱拡散バリアアセンブリは、るつぼ内に異なる向きにして設けることができることに留意されたい。ここで使用する慣例において、結晶シートを引っ張る方向は、Z軸に平行な方向に位置することができる。図1A及び2において示すように、装置100または装置200の図は、Y-Z平面（側面図）、又は代替的にはX-Z平面（端面図）に位置すると考えることができ、Z軸は、結晶シートを引っ張る方向に平行に位置するものとする。更に、第1熱拡散バリア110及び第2熱拡散バリア111のY軸に対する向きは、異なる実施形態において変化することができる。特に、均一な加熱を生ずるのに適切な実施形態において、第1熱拡散バリア110及び第2熱拡散バリア111は、Y軸に平行に向き決めすることができ、従って、図3A～4につき以下で詳述するように、露出面206に直交する壁を有することができる。集中した熱流を生ずるのに適切な実施形態において、第1熱拡散バリア110及び第2熱拡散バリア111は、必ずしもではないが、図5A～8に関連して以下で詳述するように、Y軸に対してゼロではない角度に指向させることができる。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0021

【補正方法】変更

【補正の内容】

## 【 0 0 2 1 】

熱流を隔離領域内に整合させるため、ヒーター及び熱拡散バリアアセンブリのジオメトリ（構成配置形態）を調整することができる。図 3 C は、本発明の更なる実施形態により構成した装置 3 5 0 を示す。説明を簡潔にするため、装置 3 5 0 は、るつぼホルダーなしで示すが、様々な実施形態において、るつぼホルダーを備えることができる。図示のように、装置 3 5 0 は、るつぼ 3 6 4 と、第 1 熱拡散バリア 3 5 6 及び第 2 熱拡散バリア 3 5 8 を有する熱拡散バリアアセンブリ 3 6 6 とを備え、これらバリアは、図 3 A 及び 3 B の実施形態に関して上述したように Y 軸に平行に延在することができる。均一な熱源として機能するヒーター 3 5 2 は、図示のように、ヒーター幅  $d_2$  を有するように設ける。ヒーター 3 5 2 は熱流 3 5 4 を生じ、この熱流 3 5 4 は、融液 1 0 6 の表面 3 6 2 に向かって、第 1 熱拡散バリア 3 3 2 及び第 2 熱拡散バリア 3 3 4 が画定する隔離領域 3 6 0 を経て進む。熱流 3 5 4 の隔離領域 3 6 0 内での均一性を高めるため、また、ポイント C と D との間における露出面 3 6 2 での熱流の均一性を高めるため、隔離領域の幅  $d_1$  をヒーター幅  $d_2$  に対して調整することができる。幾つかの事例において、ヒーター幅  $d_2$  は隔離領域の幅  $d_1$  よりも広くすることができる。

## 【 手続補正 5 】

【 補正対象書類名 】 明細書

【 補正対象項目名 】 0 0 2 3

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

## 【 0 0 2 3 】

他の実施形態において、熱拡散バリアの特性を活用して、融液表面に供給する熱流に集中させることができる。図 5 A は、熱拡散バリアアセンブリ 5 0 1 を、熱が融液 1 0 6 を経て移動するときに熱流密度が高くなるように構成した装置 5 0 0 の一実施形態を示す。この装置は、ヒーター 5 0 2、ヒーター 5 0 4、及びヒーター 5 0 6 を備え、それらヒーターはるつぼ 5 1 4 の個別部分の下方に配置する。るつぼホルダー 5 1 0 は、るつぼ 5 1 4 とヒーターとの間に配置する。るつぼホルダー 5 1 0 は、るつぼ 5 1 4 の底部に沿って個別領域を画定する断熱スペーサ 5 1 2 を有し、これら個別領域をヒーター 5 0 2、ヒーター 5 0 4、又はヒーター 5 0 6 によって別個に加熱することができる。ヒーター 5 0 2 は、熱拡散バリアアセンブリ 5 0 1 の下方に配置し、この熱拡散バリアアセンブリ 5 0 1 は、第 1 熱拡散バリア 5 1 6 及び第 2 熱拡散バリア 5 1 8 から成る。第 1 熱拡散バリア 5 1 6 及び第 2 熱拡散バリア 5 1 8 それぞれは、融液 1 0 6 の露出面 5 2 4 に対して角度を付け、それらバリアの間の離間距離が、熱拡散バリアアセンブリ 5 0 1 の、露出面 5 2 4 に近接する部分と比較して露出面 5 2 4 から遠ざかる部分でより大きくなるようにする。図 5 A に更に示すように、第 1 熱拡散バリア 5 1 6 及び第 2 熱拡散バリア 5 1 8 は、露出面 5 2 4 の下方に配置し、熱拡散バリアアセンブリの頂部部分は、融液内 1 0 6 内に位置する平面 5 2 2 を画定する。幾つかの実施例において、融液 1 0 6 の Y 軸に平行な方向に沿う深さ  $h_m$  は、10 mm ~ 20 mm とすることができ、平面 5 2 2 と露出面 5 2 4 との間の距離  $h_1$  は、1 mm ~ 5 mm とすることができる。装置 5 0 0 は、さらに、熱拡散バリアアセンブリ 5 0 1 の上方に配置する晶析装置 5 2 0 を有する。留意されたいのは、幾つかの実施形態において、第 1 熱拡散バリア 5 1 6 及び第 2 熱拡散バリア 5 1 8 が露出面 5 2 4 に対して同一角度をなすものとすることができ、他の実施形態において、第 1 熱拡散バリア 5 1 6 が、露出面 5 2 4 に対して第 1 角度をなし、この第 1 角度は、第 2 熱拡散バリア 5 1 8 によって露出面 5 2 4 に対してなす第 2 角度とは異なるものとする点である。第 1 熱拡散バリア 5 1 6 及び第 2 熱拡散バリア 5 1 8 のこのような非対称指向性は、非対称熱流束分布を発生させるべき場合に有用である。

## 【 手続補正 6 】

【 補正対象書類名 】 明細書

【 補正対象項目名 】 0 0 3 2

【 補正方法 】 変更

## 【補正の内容】

## 【0032】

融液表面での熱流密度増進の正確な量は、熱拡散バリアの角度及び融液表面からの距離を調整することによって適合できることに留意されたい。図7は、様々な異なるシナリオに対する例示的な熱流密度曲線を示し、これらシナリオにおいて、熱拡散バリアアセンブリ頂部での熱拡散バリアのギャップ又は離間距離を変化させる。図7において、全ての熱流密度曲線は、るつぼ底部に隣接する底部における25mmの離間距離を有する熱拡散バリアアセンブリに基づいた計算を反映する。熱拡散バリアの壁の角度を調整することによって、熱拡散バリアアセンブリ頂部でのギャップを調整する。曲線702は、熱拡散バリアアセンブリ頂部でのギャップが25mmである場合を示し、隔離領域は一定の幅を有する。この例において、 $26.3 \text{ W/cm}^2$ の最大値を有する幅広いピークが発生する。曲線704は、熱拡散バリアアセンブリ頂部でのギャップが12mmである場合を示す。この例において、 $37.4 \text{ W/cm}^2$ の最大値を有する狭いピークが発生する。曲線706は、熱拡散バリアアセンブリ頂部でのギャップが8mmである場合を示す。この例において、 $42.4 \text{ W/cm}^2$ の最大値を有するさらに狭いピークが発生する。曲線708は、熱拡散バリアアセンブリ頂部でのギャップが4mmである場合を示す。この例において、 $44.1 \text{ W/cm}^2$ の最大値を有するさらに狭いピークが発生する。曲線710は、熱拡散バリアアセンブリ頂部でのギャップが3mmである場合を示す。この例において、 $42.9 \text{ W/cm}^2$ の最大値を有するさらに狭いピークが発生する。曲線712は、熱拡散バリアアセンブリ頂部でのギャップが2mmである場合を示す。この例において、 $40.6 \text{ W/cm}^2$ の最大値を有するさらに狭いピークが発生する。曲線714は、熱拡散バリアアセンブリ頂部でのギャップが1mmである場合を示す。この例において、 $35 \text{ W/cm}^2$ の最大値を有するさらに狭いピークが発生する。4mm未満のギャップに対する最大熱流束の減少は、熱が高熱伝導率の融解シリコン内に導く減少したギャップによって生ずる増加した熱インピーダンスに起因すると考えることができる。

## 【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0034

【補正方法】変更

## 【補正の内容】

## 【0034】

他の実施形態において、融液処理装置は、多重熱拡散バリアアセンブリを含む。特定の  
実施形態において、装置は、融液表面で集中した熱流を生ずる第1熱拡散バリアアセンブリと、融液の標的領域に均一な熱流を生ずる第2熱拡散バリアを含む。図8は、装置800の操作の一実施例を示し、この装置800は、上述した装置500及び装置300の熱拡散バリアアセンブリのコンポーネントを含む。これらの熱拡散アセンブリのコンポーネントは、るつぼを用いて異なる向きにして設けることができる。特に、熱拡散バリアアセンブリ501が動作して、上述したように集中した熱流532を生ずる。この熱流は、例えば、 $30 \text{ W/cm}^2$ を超え、結晶シート804の前縁806の成長を安定化させるように用いる。これは、熱流536を晶析装置520によって露出面524から除去し、また結晶化が起こる時に発生する。装置800は、さらに、ヒーター352及び熱拡散バリアアセンブリ366を備え、その操作は、図3Cにつき上述している。特に、熱拡散バリアアセンブリ366及びヒーター352は、結晶シート804に向けてY軸に沿って熱流を供給でき、この熱流の熱流密度は、図3C及び4において大まかに示すようにX軸に平行な結晶シート804の幅にわたり均一である。従って、熱拡散バリアアセンブリ366は、図8で示唆するように、結晶シートの幅にわたり均一に結晶シート804の一部を融液に戻すことができる。これによって、装置800は、結晶シートの前縁を安定化させる改善した熱流と、並びに結晶シートの幅にわたり均一な融液戻しを生ずるよう結晶シートを均一に処理する均一熱流との双方を供給する。