

(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2004-256323

(P2004-256323A)

(43) 公開日 平成16年9月16日(2004.9.16)

(51) Int.Cl.⁷

C30B 29/06

C30B 15/00

F I

C30B 29/06

C30B 29/06

C30B 29/06

C30B 15/00

5O2H

5O2C

5O2K

Z

テーマコード (参考)

4G077

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2003-46420 (P2003-46420)

(22) 出願日 平成15年2月24日 (2003.2.24)

(71) 出願人 000184713

コマツ電子金属株式会社

神奈川県平塚市四之宮3丁目25番1号

(74) 代理人 100071054

弁理士 木村 高久

(74) 代理人 100106068

弁理士 小幡 義之

(72) 発明者 田中 英樹

神奈川県平塚市四之宮3丁目25番1号

コマツ電子金属株式会社平塚工場内

(72) 発明者 金原 崇浩

神奈川県平塚市四之宮3丁目25番1号

コマツ電子金属株式会社平塚工場内

最終頁に続く

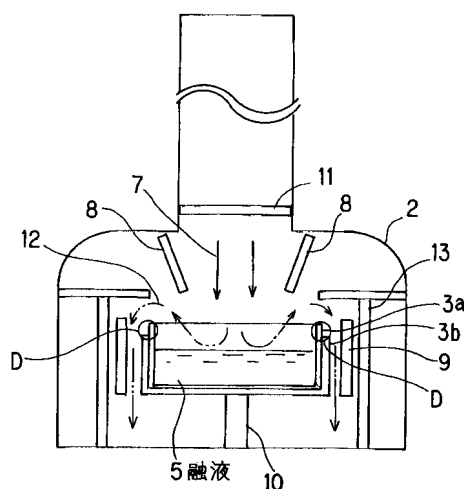
(54) 【発明の名称】 単結晶引上げ装置および単結晶製造方法

(57) 【要約】

【課題】 工程時間を短くし、コストを減らし、単結晶シリコン中の炭素濃度を安定して低くする。

【解決手段】 熱遮蔽体8を、その上端がCZ炉2の内壁に接触する位置Aに位置させる。これによりアルゴンガス7がCOガス12とともに、熱遮蔽体8の外側から熱遮蔽体8の上端、内側を介して融液5に向かう流れ、つまり熱遮蔽体8の回りを上下方向に回流する流れは形成されない。すなわちアルゴンガス7は整流され、CZ炉2内で生成されたCOガス12をのせて、CZ炉2の上方から熱遮蔽体8の下方、ヒータ9と黒鉛るつぼ3bとの間を介してCZ炉2の下方より効率よく排気される。熱遮蔽体8およびこれを昇降させる機構は、CZ炉2に既存のものを利用することができる。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

上方よりキャリアガスが供給され下方より排気される単結晶引上げ用チャンバと、前記単結晶引上げ用チャンバ内に設けられ、原料が供給されて原料を熔融するつぼと、前記つぼの上方に配置されキャリアガスを前記つぼ内の融液表面に導く熱遮蔽体とが備えられ、前記つぼ内の融液から単結晶を引き上げるようにした単結晶引上げ装置において、前記熱遮蔽体を、昇降自在とし、
前記単結晶引上げ用チャンバ内で生成された炭素化合物ガスが、前記熱遮蔽体の外側から上端、内側を介して融液に向かう流れを形成せずに前記キャリアガスとともに当該チャンバの下方より排気される位置に、前記熱遮蔽体を位置決めすること
を特徴とする単結晶引上げ装置。

10

【請求項 2】

上方よりキャリアガスが供給され下方より排気される単結晶引上げ用チャンバと、前記単結晶引上げ用チャンバ内に設けられ、原料が供給されて原料を熔融するつぼと、前記つぼの上方に配置されキャリアガスを前記つぼ内の融液表面に導く熱遮蔽体とが備えられ、前記つぼ内の融液から単結晶を引き上げるようにした単結晶引上げ装置において、前記熱遮蔽体を、昇降自在とし、
引き上げられる単結晶内の炭素濃度が所定レベル以下になる位置に、前記熱遮蔽体を位置決めすること
を特徴とする単結晶引上げ装置。

20

【請求項 3】

上方よりキャリアガスが供給され下方より排気される単結晶引上げ用チャンバと、前記単結晶引上げ用チャンバ内に設けられ、原料が供給されて原料を熔融するつぼと、前記つぼの上方に配置されキャリアガスを前記つぼ内の融液表面に導く熱遮蔽体とが備えられ、前記つぼ内の融液から単結晶を引き上げるようにした単結晶引上げ装置において、前記熱遮蔽体を、昇降自在とするとともに、
前記つぼを、昇降自在とし、
前記単結晶引上げ用チャンバ内で生成された炭素化合物ガスが、前記熱遮蔽体の外側から上端、内側を介して融液に向かう流れを形成せずに前記キャリアガスとともに当該チャンバの下方より排気される位置に、前記熱遮蔽体を位置決めするとともに、前記つぼを位置決めすること
を特徴とする単結晶引上げ装置。

30

【請求項 4】

上方よりキャリアガスが供給され下方より排気される単結晶引上げ用チャンバと、前記単結晶引上げ用チャンバ内に設けられ、原料が供給されて原料を熔融するつぼと、前記つぼの上方に配置されキャリアガスを前記つぼ内の融液表面に導く熱遮蔽体とが備えられ、前記つぼ内の融液から単結晶を引き上げるようにした単結晶引上げ装置において、前記熱遮蔽体を、昇降自在とするとともに、
前記つぼを、昇降自在とし、
引き上げられる単結晶内の炭素濃度が所定レベル以下になる位置に、前記熱遮蔽体を位置決めするとともに、前記つぼを位置決めすること
を特徴とする単結晶引上げ装置。

40

【請求項 5】

前記位置決め制御に加えて、前記キャリアガスの流量を制御すること
を特徴とする請求項 1～4 記載の単結晶引上げ装置。

【請求項 6】

前記単結晶引上げ用チャンバには、開閉自在なゲートバルブが設けられており、
少なくとも前記ゲートバルブが閉じられている間中は、前記位置決めがなされていること
を特徴とする請求項 1～4 記載の単結晶引上げ装置。

【請求項 7】

50

前記熱遮蔽体の上端が前記単結晶引上げ用チャンバの内壁に接触するか近接する位置に当該熱遮蔽体を位置決めすること

を特徴とする請求項 1 ~ 4 記載の単結晶引上げ装置。

【請求項 8】

石英るつぼの外側に黒鉛るつぼが設けられるとともに、前記黒鉛るつぼの周囲にヒータが設けられており、

前記熱遮蔽体の上端が前記単結晶引上げ用チャンバの内壁に接触するか近接する位置に当該熱遮蔽体を位置決めするとともに、

前記ヒータの上端に対して前記黒鉛るつぼの上端が下方に位置するように当該黒鉛るつぼを位置決めすること

10

を特徴とする請求項 3 または 4 記載の単結晶引上げ装置。

【請求項 9】

単結晶引上げ用チャンバ内のるつぼに原料を供給し溶融する溶融工程と、前記るつぼ内の融液から単結晶を引き上げる引上げ工程とを含む単結晶の製造方法において、

前記溶融工程では、

前記単結晶引上げ用チャンバ内で生成された炭素化合物ガスが、熱遮蔽体の外側から上端、内側を介して融液に向かう流れを形成せずにキャリアガスとともに当該チャンバの下方より排気できる位置まで、前記熱遮蔽体を上昇させ、

前記引上げ工程では、

引き上げられる単結晶を、前記るつぼ内の融液で発生する輻射熱から遮蔽できる位置まで、前記熱遮蔽体を下降させること

20

を特徴とする単結晶の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、CZ法（チョクラルスキー法）を用いて単結晶シリコンなどの単結晶半導体を引き上げる単結晶引上げ装置および単結晶を引き上げることによって単結晶を製造する方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

30

図 1 に示すように、単結晶引上げ用チャンバ 2 つまり CZ 炉内には石英るつぼ 3 a が設けられている。石英るつぼ 3 a の外側には黒鉛るつぼ 3 b が設けられている。石英るつぼ 3 a 内で多結晶シリコン（Si）が加熱され溶融される。融液温度が安定化すると、種結晶が融液 5 に浸漬され引上げ機構によって石英るつぼ 3 a 内のシリコン融液 5 から単結晶シリコンが引き上げられる。

【0003】

石英るつぼ 3 a 内に多結晶シリコンの原料を追加供給して溶解することで、石英るつぼ 1 個当たりで製造される単結晶シリコンの量を増やすことができ、製造コストを低減させることができる。

【0004】

40

単結晶シリコン引上げで、素材による原価低減を考えた場合、つぎの原料供給方法がとられる。

【0005】

1) リチャージ

この方法は、単結晶シリコンのインゴットを 1 本引き上げる毎に、石英るつぼ 3 a 内に多結晶シリコン原料を追加供給するというものである。追加供給後に単結晶シリコンの引上げを繰り返す。この方法によれば単結晶シリコンのインゴットを取り出す毎に CZ 炉 2 を外気に開放して清掃することはないので、CZ 炉内の石英るつぼ 3 a が、シリコン融液の固化の際の膨脹により破損することはない。

【0006】

50

このため石英るつぼ 3 a の耐久性が向上し 1 個の石英るつぼ 3 a で 2 ~ 3 本の単結晶シリコンを製造することができ、製造コストが低減する。

【 0 0 0 7 】

2) 追いチャージ

この方法は、石英るつぼ 3 a 内に多結晶シリコン原料を供給して加熱、熔融し完全に溶かした後に更に多結晶シリコン原料（あるいは熔融した多結晶シリコン）を追加供給するというものである。追いチャージでは、単結晶シリコン引上げの前に予め原料を追加供給する。

【 0 0 0 8 】

ところが多結晶シリコン原料を熔融している工程で、炭素が融液 5 に取り込まれ、引き上げられる単結晶シリコン中の炭素濃度が増加するという問題が従来より指摘されている。単結晶シリコン中の炭素濃度が高濃度になると、結晶欠陥の原因となり、それによって製造される半導体デバイスの電気的特性に悪影響を与える。

【 0 0 0 9 】

炭素は、元々多結晶シリコン原料に含まれているものや、C Z 炉 2 を構成する材料、石英るつぼ 3 a から直接融液 5 に溶解することで融液 5 内に取り込まれる以外に、石英るつぼ 3 a と黒鉛るつぼ 3 b との反応によって生じた炭素化合物ガスあるいは炉内の水分とカーボン部品との反応によって生じた炭素化合物ガスが融液 5 に接触することで炭素が融液 5 内に取り込まれると考えられている。ここで炭素化合物ガスは主に CO ガス（一酸化炭素ガス）であると考えられている。

【 0 0 1 0 】

単結晶シリコン中の炭素濃度は、ヒータ 9 のパワー、石英るつぼ 3 a、黒鉛るつぼ 3 b の位置、工程の時間によって影響を受けるが、特にリチャージや追いチャージによって炉体を解放する機会が増すにつれて大気中の水分を巻き込む量が増え、炭素濃度が高くなる傾向がある。

【 0 0 1 1 】

さらにリチャージや追いチャージを行う際にはゲートバルブ 1 1 が閉じられ C Z 炉 2 内のガスの流れが変化して、CO ガスが融液 5 に接触し炭素が融液 5 に取り込まれ易くなる。

【 0 0 1 2 】

図 5 はゲートバルブ 1 1 が閉じられた状態の C Z 炉 2 内のガスの流れを示している。アルゴンガス 7 の一部は、C Z 炉 2 内で生成された CO ガス 1 2 とともに、C Z 炉 2 の上方から熱遮蔽体 8 の下方、ヒータ 9 と黒鉛るつぼ 3 b との間およびヒータ 9 と保温筒 1 3 との間を介して C Z 炉 2 の下方より排気されるが、アルゴンガス 7 の一部は、CO ガス 1 2 とともに、熱遮蔽体 8 の外側から熱遮蔽体 8 の上端、内側を介して融液 5 に向かう流れを形成する。このため CO ガス 1 2 が融液 5 に接触し炭素が融液 5 に取り込まれる易くなる。

【 0 0 1 3 】

そこで炭素が融液 5 に取り込まれることを回避するために、従来よりつぎの方法がとられている。

【 0 0 1 4 】

【 従来技術 1 】

従来より、C Z 炉 2 の大気解放後のアルゴンガス 7 による置換回数を増やして、大気解放によって生じた水分を C Z 炉 2 の外に効率的に排気する技術が試みられている。

【 0 0 1 5 】

【 従来技術 2 】

下記特許文献 1、2 には、熱遮蔽体 8 の上方にパージチューブを設けてアルゴンガス 7 の流量を増やして、CO ガス 1 2 を融液 5 に向かわせることなく効率的に排気する技術が記載されている。

【 0 0 1 6 】

【 従来技術 3 】

下記特許文献 3 には、黒鉛るつぼ 3 b の外側にガスを整流して通過させる通路と、この通

10

20

30

40

50

路に上方よりアルゴンガスを供給する供給口を設けて、C Z 炉 2 内のガス流れの乱流や滞留を防止してC O ガス 1 2 を効率的に排気する技術が記載されている。

【 0 0 1 7 】

【従来技術 4】

従来より、石英るつぼ 3 a に初期装填した多結晶シリコン原料を一度溶解させた後、融液 5 の表面付近を固化するか、あるいは初期装填した多結晶シリコン原料の一部が溶け残った状態で、その上に追いチャージにより原料を追加供給することで、融液 5 とC O ガス 1 2 とが直接接触することを防止する技術が試みられている。

【 0 0 1 8 】

【特許文献 1】

10

特開昭 5 4 - 1 1 9 3 7 5 号公報

【特許文献 2】

特開平 2 - 1 7 2 8 8 4 号公報

【特許文献 3】

特開平 9 - 2 0 2 6 8 6 号公報

【発明が解決しようとする課題】

しかし上記従来技術 1 によれば、アルゴンガス 7 の置換回数を増やすことによって工程時間が長くなるとともにアルゴンガス 7 の使用量が増加しコストが上がってしまうという問題が発生する。

【 0 0 1 9 】

20

また上記従来技術 2 によれば、パージチューブやこれを取り付けるための部品を用意しなければならぬため部品点数が増加しコストが上がってしまうという問題が発生する。

【 0 0 2 0 】

また上記従来技術 3 によれば、C Z 炉 2 にガスを整流して通過させる通路と、この通路専用のガス供給口を設ける必要があることから、C Z 炉 2 に大きな改造を加える必要があるとともに部品点数が増加しコストが上がってしまうという問題が発生する。

【 0 0 2 1 】

また上記従来技術 4 によれば、融液 5 の表面が固化した状態を安定して確実に形成することは難しい。このため融液 5 の表面の状態次第で炭素が融液 5 に取り込まれる量の変化し、単結晶シリコン中の炭素濃度がばらつき安定した品質を維持できないという問題が発生する。

30

【 0 0 2 2 】

本発明はこうした実状に鑑みてなされたものであり、工程時間を短くでき、コストを減らすことができ、単結晶シリコン中の炭素濃度を安定して低くできるようにすることを解決課題とするものである。

【 0 0 2 3 】

【課題を解決するための手段および効果】

そこで、第 1 発明は、

上方よりキャリアガスが供給され下方より排気される単結晶引上げ用チャンバと、前記単結晶引上げ用チャンバ内に設けられ、原料が供給されて原料を熔融するるつぼと、前記るつぼの上方に配置されキャリアガスを前記るつぼ内の融液表面に導く熱遮蔽体とが備えられ、前記るつぼ内の融液から単結晶を引き上げるようにした単結晶引上げ装置において、前記熱遮蔽体を、昇降自在とし、前記単結晶引上げ用チャンバ内で生成された炭素化合物ガスが、前記熱遮蔽体の外側から上端、内側を介して融液に向かう流れを形成せずに前記キャリアガスとともに当該チャンバの下方より排気される位置に、前記熱遮蔽体を位置決めすること

40

を特徴とする。

【 0 0 2 4 】

第 2 発明は、

上方よりキャリアガスが供給され下方より排気される単結晶引上げ用チャンバと、前記単

50

結晶引上げ用チャンバ内に設けられ、原料が供給されて原料を溶融するつぼと、前記つぼの上方に配置されキャリアガスを前記つぼ内の融液表面に導く熱遮蔽体とが備えられ、前記つぼ内の融液から単結晶を引き上げるようにした単結晶引上げ装置において、前記熱遮蔽体を、昇降自在とし、引き上げられる単結晶内の炭素濃度が所定レベル以下になる位置に、前記熱遮蔽体を位置決めすることを特徴とする。

【0025】

第3発明は、上方よりキャリアガスが供給され下方より排気される単結晶引上げ用チャンバと、前記単結晶引上げ用チャンバ内に設けられ、原料が供給されて原料を溶融するつぼと、前記つぼの上方に配置されキャリアガスを前記つぼ内の融液表面に導く熱遮蔽体とが備えられ、前記つぼ内の融液から単結晶を引き上げるようにした単結晶引上げ装置において、前記熱遮蔽体を、昇降自在とするとともに、前記つぼを、昇降自在とし、前記単結晶引上げ用チャンバ内で生成された炭素化合物ガスが、前記熱遮蔽体の外側から上端、内側を介して融液に向かう流れを形成せずに前記キャリアガスとともに当該チャンバの下方より排気される位置に、前記熱遮蔽体を位置決めするとともに、前記つぼを位置決めすることを特徴とする。

10

20

【0026】

第4発明は、上方よりキャリアガスが供給され下方より排気される単結晶引上げ用チャンバと、前記単結晶引上げ用チャンバ内に設けられ、原料が供給されて原料を溶融するつぼと、前記つぼの上方に配置されキャリアガスを前記つぼ内の融液表面に導く熱遮蔽体とが備えられ、前記つぼ内の融液から単結晶を引き上げるようにした単結晶引上げ装置において、前記熱遮蔽体を、昇降自在とするとともに、前記つぼを、昇降自在とし、引き上げられる単結晶内の炭素濃度が所定レベル以下になる位置に、前記熱遮蔽体を位置決めするとともに、前記つぼを位置決めすることを特徴とする。

30

【0027】

第5発明は、第1発明～第4発明において、前記位置決めに加えて、前記キャリアガスの流量を制御することを特徴とする。

【0028】

第6発明は、第1発明～第4発明において、前記単結晶引上げ用チャンバには、開閉自在なゲートバルブが設けられており、少なくとも前記ゲートバルブが閉じられている間中は、前記位置決めがなされていることを特徴とする。

40

【0029】

第7発明は、第1発明～第4発明において、前記熱遮蔽体の上端が前記単結晶引上げ用チャンバの内壁に接触するか近接する位置に当該熱遮蔽体を位置決めすることを特徴とする。

【0030】

第8発明は、第3発明または第4発明において、石英つぼの外側に黒鉛つぼが設けられるとともに、前記黒鉛つぼの周囲にヒータが設けられており、前記熱遮蔽体の上端が前記単結晶引上げ用チャンバの内壁に接触するか近接する位置に当

50

該熱遮蔽体を位置決めするとともに、
前記ヒータの上端に対して前記黒鉛るつぼの上端が下方に位置するように当該黒鉛るつぼを位置決めすること
を特徴とする。

【0031】

第9発明は、
単結晶引上げ用チャンバ内のるつぼに原料を供給し溶融する溶融工程と、前記るつぼ内の融液から単結晶を引き上げる引上げ工程とを含む単結晶の製造方法において、
前記溶融工程では、
前記単結晶引上げ用チャンバ内で生成された炭素化合物ガスが、熱遮蔽体の外側から上端、内側を介して融液に向かう流れを形成せずにキャリアガスとともに当該チャンバの下方より排気できる位置まで、前記熱遮蔽体を上昇させ、
前記引上げ工程では、
引き上げられる単結晶を、前記るつぼ内の融液で発生する輻射熱から遮蔽できる位置まで、前記熱遮蔽体を下降させること
を特徴とする。

【0032】

第1発明～第9発明によれば、図4に示すように熱遮蔽体8を、その上端がCZ炉2の内壁に接触する位置Aに位置させる。これによりアルゴンガス7がCOガス12とともに、熱遮蔽体8の外側から熱遮蔽体8の上端、内側を介して融液5に向かう流れ、つまり熱遮蔽体8の回りを上下方向に回流する流れは形成されない。すなわちアルゴンガス7は整流され、CZ炉2内で生成されたCOガス12をのせて、CZ炉2の上方から熱遮蔽体8の下方、ヒータ9と黒鉛るつぼ3bとの間およびヒータ9と保温筒13との間を介してCZ炉2の下方より効率よく排気される。このようにアルゴンガス7が整流されることによって、CZ炉2の上部に漂うCOガス12のみならず石英るつぼ3aと黒鉛るつぼ3bとの反応で発生したCOガス12も下方に向かって効率よく排気されるため、溶解中に融液5に取り込まれる炭素の量が図5の場合と比較して格段に減少する。なおアルゴンガス7の整流作用によってガスが効率的に排気されるため、CZ炉2内のシリコンアモルファス等の不純物も炉外に効率よく排出され、炉内の汚染を従来よりも低減できるという副次的な効果も得られる。

【0033】

また熱遮蔽体8をCZ炉2の内壁に接触させた位置Aに位置させているので、ガス流によって熱遮蔽体8が揺動することが抑制され、安定したガスの流れが形成される。

【0034】

また本発明によれば、単結晶引上げ装置1に既存の熱遮蔽体8を利用し、その位置決めを行うだけで、COガス12が融液5に取り込まれないアルゴンガス7の流れを安定して形成することができ、COガス12を効率よく炉外に排出することができる。このため従来技術と比較して、工程時間を短くでき、コストを減らすことができ、単結晶シリコン中の炭素濃度を安定して低くすることができる。

【0035】

また本発明としては、熱遮蔽体8をCZ炉2の内壁に接触する位置Aまで上昇させているが、必ずしも完全に内壁に接触させる必要はなく、図4と同様なガスの流れが実現できるのであれば、熱遮蔽体8の上端とCZ炉2の内壁とが近接(0～30mm程度)した状態になっていたとしてもよい。

【0036】

また炭素濃度を定めるパラメータには、熱遮蔽体8の位置以外にるつぼ位置C/Pがあり、るつぼ位置C/Pを変化させることで、炭素濃度を制御することができる。図9の水準▲4▼に示すように(熱遮蔽体8の位置がA、るつぼ位置C/Pが-100mm)、るつぼ位置C/Pをマイナス、つまり黒鉛るつぼ3bの上端をヒータ9の上端よりも下方に位置させることで、単結晶シリコン中の炭素濃度を更に低くすることができる。

【0037】

また炭素濃度を定めるパラメータには、熱遮蔽体8の位置以外にアルゴンガス7の流量があり、アルゴンガス7の流量を変化させることで、炭素濃度を制御することができる。アルゴンガス7の流量を増加させることで、単結晶シリコン中の炭素濃度を更に低下させることができる。

【0038】

または本発明は、熔融工程のうちゲートバルブ11が閉じられた状態のときに、図4ないしは図9（水準▲4▼）ないしは図6（水準▲1▼）で示される位置に、熱遮蔽体8、るつぼ3a、3bを位置決めすることが望ましいが、熔融工程のうちゲートバルブ11が閉じられていない状態のときに、図4ないしは図9（水準▲4▼）ないしは図6（水準▲1▼）で示される位置に、熱遮蔽体8、るつぼ3a、3bを位置決めしてもよい。さらに熔融工程以外の工程で、同様に位置決めを行うようにしてもよい。

10

【0039】

【発明の実施の形態】

以下図面を参照して実施形態の装置について説明する。

【0040】

図1は実施形態の構成を側面からみた図である。

【0041】

同図1に示すように、実施形態の単結晶引上げ装置1は、単結晶引上げ用チャンバとしてのCZ炉2を備えている。

20

【0042】

CZ炉2内には、多結晶シリコンの原料を熔融して融液5として収容する石英るつぼ3aが設けられている。石英るつぼ3aの外側は黒鉛るつぼ3bによって覆われている。黒鉛るつぼ3bの外側にあつて側方には、石英るつぼ3a内の多結晶シリコン原料を加熱して熔融するヒータ9が設けられている。

【0043】

ヒータ9とCZ炉2の内壁との間には、保温筒13が設けられている。

【0044】

石英るつぼ3aの上方には図示しない引上げ機構が設けられている。熔融が安定化すると、この引上げ機構により種結晶が融液5に浸漬されて融液5から単結晶シリコンのインゴットが引き上げられる。

30

【0045】

CZ炉2の上方には、ゲートバルブ11が取り付けられている。ゲートバルブ11が閉じられることにより炉2内と外気が遮断され炉2内を真空（たとえば20 Torr程度）に維持することができる。

【0046】

単結晶引上げのプロセス（1バッチ）の間で、CZ炉2内には種々の蒸発物が発生する。そこでCZ炉2にはキャリアガスとしてアルゴンガス7が上方より供給され図示しない下方の排気口からポンプによって排気される。これにより炉2内は所定の低圧に減圧されるとともに炉2内の不純物がアルゴンガス7とともに排気され炉2内がクリーンに保たれる。アルゴンガス7の供給流量は1バッチ中の各工程毎に設定される。

40

【0047】

石英るつぼ3aの容量には限りがあることから、引き上げられる単結晶シリコンの重量に応じて、あるいは引上げ回数に応じて、石英るつぼ3a内に追いチャージやりチャージによって多結晶シリコン原料が追加供給される。石英るつぼ3a内に多結晶シリコン原料を追加供給することで、石英るつぼ1個当たりで製造される単結晶シリコンの量を増やすことができ、製造コストを低減させることができる。

【0048】

黒鉛るつぼ3bの底には回転軸10が固定されている。単結晶シリコンが引き上げられる際に、石英るつぼ3aは黒鉛るつぼ3bとともに回転軸10によって所定の回転速度で回

50

転する。

【0049】

また回転軸10は鉛直方向に昇降自在であり、石英るつぼ3aを黒鉛るつぼ3bとともに上下動させて任意の位置に移動させることができる。ここでヒータ9の上端に対する黒鉛るつぼ3bの上端の相対距離を、るつぼ位置C/Pと定義する。るつぼ位置C/Pの極性は、ヒータ9の上端よりも黒鉛るつぼ3bの上端が上方に位置した場合をプラス(+)とし、ヒータ9の上端よりも黒鉛るつぼ3bの上端が下方に位置した場合をマイナス(-)とする。

【0050】

石英るつぼ3aの上方にあって、引き上げられる単結晶シリコンの周囲には、略逆円錐台形状の熱遮蔽体(ガス整流筒)8が設けられている。熱遮蔽体8は、種結晶により成長される単結晶シリコンを、石英るつぼ3a、黒鉛るつぼ3b、融液5、ヒータ9などの高温部で発生する輻射熱から断熱、遮蔽するために設けられている。また熱遮蔽体8は、引き上げられる単結晶シリコンに、炉内で発生した不純物(シリコンアモルファス)等が付着して、単結晶の育成を阻害することを防止する。熱遮蔽体8の下端と融液5の表面との間隙のギャップHの大きさは、単結晶シリコンの成長条件V/G(V:成長速度、G:結晶の軸方向温度勾配)を制御する上で重要なパラメータである。そこでギャップHの大きさを調整するために、熱遮蔽体8を昇降させる昇降機構が設けられている。この昇降機構により熱遮蔽体8はCZ炉2内で鉛直方向に昇降自在であり、熱遮蔽体8を上下動させて任意の位置に移動させることができる。

10

20

【0051】

図2は熱遮蔽体8を斜視的に示す。同図2に示すように、熱遮蔽体8には、上面が平坦となるようにフレーム材として吊り部8aが架け渡されている。この吊り部8aは、たとえばC・C・M(カーボン・カーボンファイバ複合材料)で構成されている。

【0052】

吊り部8aには吊りケーブル14が接続されており、吊りケーブル14によって熱遮蔽体8が吊り下げられている。吊りケーブル14は、たとえばタングステンで構成されている。

【0053】

図3は熱遮蔽体8を昇降させる昇降機構を示している。

30

【0054】

同図3に示すように吊りケーブル14は巻上ドラム16に巻かれている。巻上ドラム16は駆動モータ17が作動することによって回転される。駆動モータ17は直流の電源21より電気信号線22を介して印加される電圧(たとえば12V)によって作動する。電源21と駆動モータ17との間の電気信号線22には電流制限抵抗20が介在されており、駆動モータ17に流れる電流が制限される。

【0055】

熱遮蔽体8、吊りケーブル14、巻上ドラム16は電気信号線22に電氣的に接続されている。また電気信号線22に印加されている電圧を検出する電圧検出器18が設けられている。電圧検出器18にはリレー19が付設されており、このリレー19は、電圧検出器18で検出される電圧が、所定のしきい値(たとえば6V)以下になると、付勢されて、駆動モータ17を停止させる。CZ炉2は接地(アース)されている。

40

【0056】

図1に示すように、熱遮蔽体8の外径は、保温筒13の上端開口部に応じた大きさに形成されている。熱遮蔽体8が上昇しその端がCZ炉2の内壁に接触したときの位置をA、熱遮蔽体8が位置Aよりも下降して、熱遮蔽体8の下部が保温筒13の開口部に位置したときの位置をB、熱遮蔽体8が位置Bよりも更に下降して、熱遮蔽体8の上部が保温筒13の開口部に位置したときの位置をCとする。

【0057】

熱遮蔽体8は、図4に示すように、CZ炉2内に上方より供給されるアルゴンガス7を、

50

融液 5 の表面の中央に導き、さらに融液 5 の表面を通過させて融液 5 の表面の周縁部に導く。そして、アルゴンガス 7 は、C Z 炉 2 内で生成された C O ガス 1 2、特に C Z 炉 2 の上部に漂う C O ガス 1 2 や石英るつぼ 3 a と黒鉛るつぼ 3 b が上端で接触する部分 D で生成された C O ガス 1 2 を、そのアルゴンガス 7 の流れにのせて、C Z 炉 2 の下部に設けた排気口から排出させる。

【 0 0 5 8 】

また熱遮蔽体 8 によって融液 5 の液面上のガス流速が安定化し、融液 5 から蒸発する酸素を安定な状態に保つことができる。

【 0 0 5 9 】

つぎに上述した実施形態装置の動作について説明する。

10

【 0 0 6 0 】

C Z 法によるプロセスは概略すると、熔融、融液温度安定化、引上げ、冷却、取り出しの各工程からなる。リチャージによる方法ではこのプロセスが繰り返され複数本の単結晶シリコンが引き上げられ、1 本単結晶シリコンが引き上げられる毎に、つぎの熔融工程で多結晶シリコン原料の追加供給が行われる。追いチャージによる方法では熔融工程で初期の多結晶シリコン原料を供給して初期の分が熔融した後に追加分の原料が供給される。リチャージや追いチャージが行われる際にはゲートバルブ 1 1 が閉じられる。単結晶シリコンの製造のプロセス中、特に熔融工程で C O ガス 1 2 が融液 5 に取り込まれ易く、さらに熔融工程のうちゲートバルブ 1 1 が閉じられた状態で C O ガス 1 2 が融液 5 に特に取り込まれ易いといわれている。

20

【 0 0 6 1 】

・ 熔融工程

リチャージや追いチャージの熔融工程ではゲートバルブ 1 1 が閉じられる。そしてゲートバルブ 1 1 が閉じられた状態では、熱遮蔽体 8 は図 1 に示す位置 A まで上昇される。

【 0 0 6 2 】

すなわち図 3 の昇降機構において駆動モータ 1 7 が作動し巻上ドラム 1 6 が回転する。これにより吊りケーブル 1 4 が上昇し熱遮蔽体 8 が上昇される。熱遮蔽体 8 が位置 A に達すると熱遮蔽体 8 の上端が C Z 炉 2 の内壁に接触する。このため熱遮蔽体 8 がアースされた状態となり、熱遮蔽体 8、吊りケーブル 1 4、巻上ドラム 1 6 を介して電気信号線 2 2 が接地電位となる。このため電圧検出器 1 8 で検出される電圧がしきい値以下となりリレー 1 9 が付勢され、駆動モータ 1 7 が停止する。このため熱遮蔽体 8 は、C Z 炉 2 の内壁に接触した位置 A で丁度停止する。

30

【 0 0 6 3 】

なお熱遮蔽体 8 の吊り部 8 a は、可撓性のある C . C . M で構成されているため、駆動モータ 1 7 がオーバーランしたときに吊りケーブル 1 4 の撓みを吸収することができる。

熱遮蔽体 8 が位置 A に位置されたときのガスの流れは図 4 に示される。従来にあっては熱遮蔽体 8 は図 5 に示されるように位置 B に位置されていた。以下図 5 の対比において図 4 のガスの流れについて説明する。

【 0 0 6 4 】

図 5 に示すように、通常、熔融工程ではヒータ 9 からの熱吸収をよくするため、そして C O ガス 1 2 の巻き込みを抑制するために、るつぼ位置 C / P を、引上げ工程の位置よりも高く保っている。一方、熱遮蔽体 8 は多結晶シリコン原料の熔解の熱効率を高める観点からはなるべく低い位置 (C 位置) に位置させる必要があるが、原料や融液 5 との接触を回避するために中間の位置 B に位置させるようにしている。この状態では、アルゴンガス 7 の一部は、C Z 炉 2 内で生成された C O ガス 1 2 とともに、C Z 炉 2 の上方から熱遮蔽体 8 の下方、ヒータ 9 と黒鉛るつぼ 3 b との間を介して C Z 炉 2 の下方より排気されるものの、アルゴンガス 7 の一部は、C O ガス 1 2 とともに、熱遮蔽体 8 の外側から熱遮蔽体 8 の上端、内側を介して融液 5 に向かう流れ、つまり熱遮蔽体 8 を上下方向に回流する流れを形成する。このため C O ガス 1 2 が融液 5 に接触し炭素が融液 5 に取り込まれる易くなる。

40

50

【 0 0 6 5 】

これに対して図 4 に示すように熱遮蔽体 8 を、その上端が C Z 炉 2 の内壁に接触する位置 A に位置させた場合には、アルゴンガス 7 が C O ガス 1 2 とともに、熱遮蔽体 8 の外側から熱遮蔽体 8 の上端、内側を介して融液 5 に向かう流れ、つまり熱遮蔽体 8 の回りを上下方向に回流する流れは形成されない。すなわちアルゴンガス 7 は整流され、C Z 炉 2 内で生成された C O ガス 1 2 をのせて、C Z 炉 2 の上方から熱遮蔽体 8 の下方、ヒータ 9 と黒鉛るつぼ 3 b との間およびヒータ 9 と保温筒 1 3 との間を介して C Z 炉 2 の下方より効率よく排気される。このようにアルゴンガス 7 が整流されることによって、C Z 炉 2 の上部に漂う C O ガス 1 2 のみならず石英るつぼ 3 a と黒鉛るつぼ 3 b との反応で発生した C O ガス 1 2 も下方に向かって効率よく排気されるため、溶解中に融液 5 に取り込まれる炭素の量が図 5 の場合と比較して格段に減少する。なおアルゴンガス 7 の整流作用によってガスが効率的に排気されるため、C Z 炉 2 内のシリコンアモルファス等の不純物も炉外に効率よく排出され、炉内の汚染を従来よりも低減できるという副次的な効果も得られる。

10

【 0 0 6 6 】

また本実施形態では、熱遮蔽体 8 を C Z 炉 2 の内壁に接触させた位置 A に位置させているので、ガス流によって熱遮蔽体 8 が揺動することが抑制され、安定したガスの流れが形成される。

【 0 0 6 7 】

・ 引上げ工程

引上げ工程では、種結晶が融液 5 に浸漬され種結晶を引き上げることで単結晶シリコンのインゴットが生成される。

20

【 0 0 6 8 】

引上げ工程では、熱遮蔽体 8 は、本来の機能を果たすことができる位置、つまり石英るつぼ 3 a 内の融液 5 で発生する輻射熱から、引き上げられる単結晶シリコンを遮蔽できる位置に位置決めされる。溶融工程で A 位置に位置されていた場合には、熱遮蔽体 8 は保温筒 1 3 上に載置されるまで下降される。

【 0 0 6 9 】

以上のように本実施形態によれば、単結晶引上げ装置 1 に既存の熱遮蔽体 8 を利用し、その位置決めを行うだけで、C O ガス 1 2 が融液 5 に取り込まれないアルゴンガス 7 の流れを安定して形成することができ、C O ガス 1 2 を効率よく炉外に排出することができる。このため従来技術と比較して、工程時間を短くでき、コストを減らすことができ、単結晶シリコン中の炭素濃度を安定して低くすることができる。

30

【 0 0 7 0 】

上述した説明では、熱遮蔽体 8 を C Z 炉 2 の内壁に接触する位置 A まで上昇させているが、必ずしも完全に接触させる必要はなく、図 4 と同様なガスの流れが実現できるのであれば、熱遮蔽体 8 の上端と C Z 炉 2 の内壁との距離が 0 ~ 3 0 m m 程度に近接した距離になっていたとしてもよい。

【 0 0 7 1 】

また上述した説明では、るつぼ位置 C / P が通常（従来）の溶融工程と同じ位置（図 5 と同じ位置）であるものとして説明したが、回転軸 1 0 を下降させて、るつぼ位置 C / P を通常（従来）の溶融工程よりも低い位置まで下降させて、更に単結晶シリコン中の炭素濃度を低下させてもよい。

40

【 0 0 7 2 】

また上述した説明では、アルゴンガス 7 の流量については言及しなかったが、アルゴンガス 7 の流量を通常（従来）の溶融工程で設定される流量よりも増加させることで、更に単結晶シリコン中の炭素濃度を低下させてもよい。

【 0 0 7 3 】

図 1 3 は、熱遮蔽体 8 が位置 A に位置されている状態で、るつぼ位置 C / P (m m)、アルゴンガス 7 の流量 (L / m i n) を変化させたときの単結晶シリコン中の炭素濃度 (E 1 7 a t o m s / c m ³) を示した表である。るつぼ位置 C / P を - 7 0 (m m) まで下

50

げ、アルゴンガス 7 の流量を 120 (L/min) まで増加させたときに最も炭素濃度が減っている ($0.07 \text{ E } 17 \text{ atoms/cm}^3$) のがわかる。

【0074】

つぎに熱遮蔽体 8 の位置、るつぼ位置 C / P と、ガスの流れ、炭素濃度との関係について図 6 ~ 図 11 を参照して説明する。図 12 は図 6 ~ 図 11 の各水準 ▲ 1 ▼ ~ ▲ 6 ▼ に対応させて熱遮蔽体 8 の位置、るつぼ位置 C / P、炭素濃度の低い順位 ((1) ~ (6)) を表で示している。図 12 に示すように、図 9 の水準 ▲ 4 ▼ → 図 6 の水準 ▲ 1 ▼ → 図 11 の水準 ▲ 6 ▼ → 図 8 の水準 ▲ 3 ▼ → 図 10 の水準 ▲ 5 ▼ → 図 7 の水準 ▲ 2 ▼ の順番に単結晶シリコン中の炭素濃度が高くなった。以下炭素濃度が低い順にガスの流れと炭素濃度との関係について説明する。

10

【0075】

図 9 は、熱遮蔽体 8 が位置 A に位置決めされ、るつぼ位置 C / P が -100 (mm) に位置決めされた水準 ▲ 4 ▼ のガスの流れを示している。同図 9 に示すように、水準 ▲ 4 ▼ では、アルゴンガス 7 が CO ガス 12 とともに、熱遮蔽体 8 の外側から熱遮蔽体 8 の上端、内側を介して融液 5 に向かう流れ、つまり熱遮蔽体 8 の回りを上下方向に回流する流れは形成されていない。すなわちアルゴンガス 7 は整流化されている。図 9 の水準 ▲ 4 ▼ は全ての水準の中で最もガス流れが層流化しており、石英るつぼ 3 a 内で内側に巻き込む渦も形成されていない。このため水準 ▲ 4 ▼ は全ての水準の中で最も炭素濃度が低くなっている (炭素濃度順位 (1))。

【0076】

図 6 は、熱遮蔽体 8 が位置 A に位置決めされ、るつぼ位置 C / P が 23 (mm) に位置決めされた水準 ▲ 1 ▼ のガスの流れを示している。同図 6 に示すように、水準 ▲ 1 ▼ では、アルゴンガス 7 が CO ガス 12 とともに、熱遮蔽体 8 の外側から熱遮蔽体 8 の上端、内側を介して融液 5 に向かう流れ、つまり熱遮蔽体 8 の回りを上下方向に回流する流れは形成されていない。すなわちアルゴンガス 7 は整流化されている。しかし図 6 の水準 ▲ 1 ▼ は図 9 の水準 ▲ 4 ▼ と比較して石英るつぼ 3 a 内で内側に巻き込む渦が形成されている。このため図 9 の水準 ▲ 4 ▼ よりも炭素濃度の低減の効果が低くなっている (炭素濃度順位 (2))。

20

【0077】

図 11 は、熱遮蔽体 8 が位置 C に位置決めされ、るつぼ位置 C / P が -100 (mm) に位置決めされた水準 ▲ 6 ▼ のガスの流れを示している。同様に図 8 は、熱遮蔽体 8 が位置 C に位置決めされ、るつぼ位置 C / P が 23 (mm) に位置決めされた水準 ▲ 3 ▼ のガスの流れを示している。

30

【0078】

これら図 11、図 8 に示すように、水準 ▲ 6 ▼、▲ 3 ▼ では、アルゴンガス 7 が CO ガス 12 とともに、熱遮蔽体 8 の外側から熱遮蔽体 8 の上端、内側を介して融液 5 に向かう流れ、つまり熱遮蔽体 8 の回りを上下方向に回流する流れは形成されていない。すなわちアルゴンガス 7 は整流化されている。ガスの流れとしては層流的であるといえるが、融液 5 の上方からガスが舞い上がり熱遮蔽体 8 の内側をとおり熱遮蔽体 8 の上方に逆流するガスの流れが形成されているため、水準 ▲ 4 ▼、▲ 1 ▼ よりも炭素濃度の低減の効果が低くなっている (水準 ▲ 6 ▼ は炭素濃度順位 (3)、水準 ▲ 3 ▼ は炭素濃度順位 (4))。なお、熱遮蔽体 8 が C 位置に位置決めされると、熱遮蔽体 8 が揺れることにより、熱遮蔽体 8 の上部が保温筒 13 の開口部と接触し、炭素のパーティクルが発生するおそれがある。このため炭素の発生要因を少なくするためにも熱遮蔽体 8 を C 位置に位置決めするのは望ましくない。

40

【0079】

図 10 は、熱遮蔽体 8 が位置 B に位置決めされ、るつぼ位置 C / P が -100 (mm) に位置決めされた水準 ▲ 5 ▼ のガスの流れを示している。同様に図 7 は、熱遮蔽体 8 が位置 B に位置決めされ、るつぼ位置 C / P が 23 (mm) に位置決めされた水準 ▲ 2 ▼ のガスの流れを示している。

50

【0080】

これら図10、図7に示すように、水準▲5▼、▲2▼では、アルゴンガス7がCOガス12とともに、熱遮蔽体8の外側から熱遮蔽体8の上端、内側を介して融液5に向かう流れ、つまり熱遮蔽体8の回りを上下方向に回流する流れが形成されている。すなわちアルゴンガス7は整流化されていない。このためCOガス12が融液5に取り込まれやすく、炭素濃度が高くなっている（水準▲5▼は炭素濃度順位（5）、水準▲2▼は炭素濃度順位（6））。

【0081】

なお上記各水準▲1▼～▲6▼それぞれについてアルゴンガス7を流量を80（L/min）から100（L/min）に増加させたところ、流量を増加させた場合の方が各水準で炭素濃度が低くなるという結果を得た。 10

【0082】

以上のことから、単結晶シリコン6中の炭素濃度に影響を与えるパラメータには、熱遮蔽体8の位置、るつぼ位置C/P、アルゴンガス7の流量があり、図9（水準▲4▼）に示すように、熱遮蔽体8の位置をCZ炉2の内壁に接触する位置AかCZ炉2の内壁に近接させた位置に位置させ、かつるつぼ位置C/Pをマイナスの位置つまり黒鉛るつぼ3bの上端がヒータ9の上端よりも下方にある位置に位置させ、更にアルゴンガス7の流量を増加させることで、炭素濃度を最も低下させることができることがわかった。ただし重要なパラメータは、熱遮蔽体8の位置であり、図9（水準▲4▼）、図6（水準▲1▼）に示すように、るつぼ位置C/Pに関係なく、熱遮蔽体8の位置をCZ炉2の内壁に接触する位置AかCZ炉2の内壁に近接させた位置に位置させることで、炭素濃度を低下させることができることがわかった。 20

【0083】

なお上述した説明では、溶融工程のうちゲートバルブ11が閉じられた状態のときに、図4ないしは図9（水準▲4▼）ないしは図6（水準▲1▼）で示される位置に、熱遮蔽体8、るつぼ3a、3bが位置決めされる場合を想定したが、溶融工程のうちゲートバルブ11が閉じられていない状態のときに、図4ないしは図9（水準▲4▼）ないしは図6（水準▲1▼）で示される位置に、熱遮蔽体8、るつぼ3a、3bを位置決めしてもよい。さらに溶融工程以外の工程で、同様に位置決めを行うようにしてもよい。 30

【0084】

また本実施形態では単結晶シリコンを引き上げる場合を想定しているが、引き上げられる単結晶はシリコン以外の半導体であってもよい。 30

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は実施形態の装置構成を示す側面図である。

【図2】図2は熱遮蔽体の斜視図である。

【図3】図3は熱遮蔽体を昇降させる機構を示す図である。

【図4】図4は実施形態のガスの流れを示す図である。

【図5】図5は従来のガスの流れを示す図である。

【図6】図6は水準▲1▼の位置決めがなされたときのガスの流れを示す図である。

【図7】図7は水準▲2▼の位置決めがなされたときのガスの流れを示す図である。 40

【図8】図8は水準▲3▼の位置決めがなされたときのガスの流れを示す図である。

【図9】図9は水準▲4▼の位置決めがなされたときのガスの流れを示す図である。

【図10】図10は水準▲5▼の位置決めがなされたときのガスの流れを示す図である。

【図11】図11は水準▲6▼の位置決めがなされたときのガスの流れを示す図である。

【図12】図12は図6～図11の各水準▲1▼～▲6▼に対応させて、熱遮蔽体の位置、るつぼ位置と炭素濃度の低い順位（（1）～（6））を示した表である。

【図13】図13はガス流量とるつぼ位置と炭素濃度との関係を示した表である。

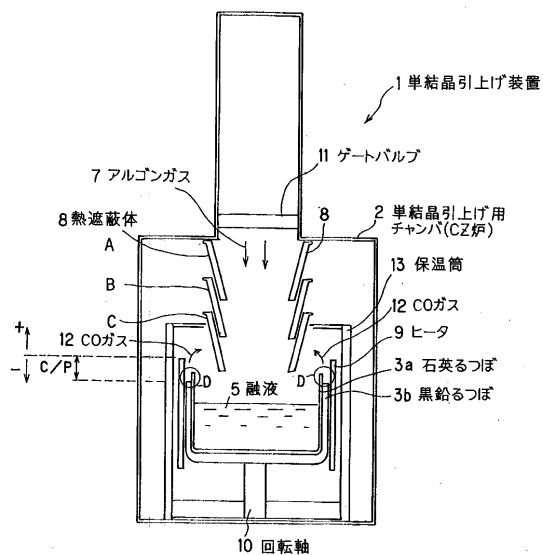
【符号の説明】

1 単結晶引上げ装置

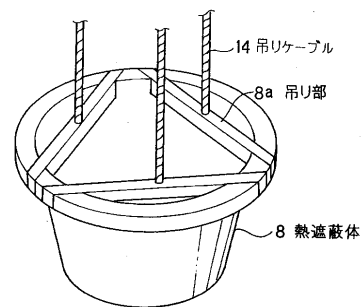
2 単結晶引上げ用チャンバ（CZ炉） 50

- 3 a 石英るつぼ
- 3 b 黒鉛るつぼ
- 5 融液
- 7 アルゴンガス
- 9 ヒータ
- 10 回転軸
- 11 ゲートバルブ
- 12 COガス

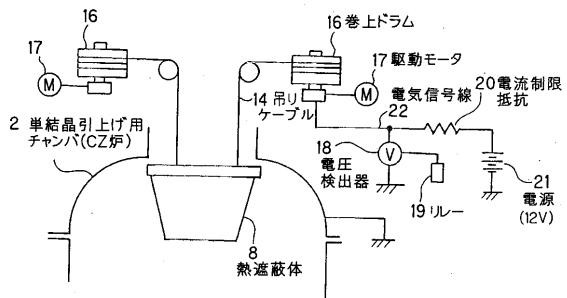
【図 1】



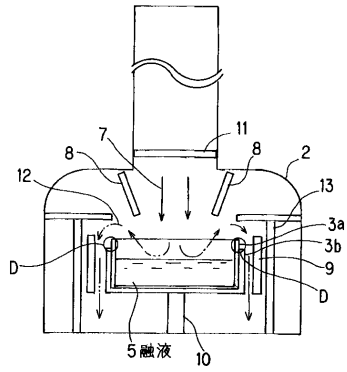
【図 2】



【図 3】

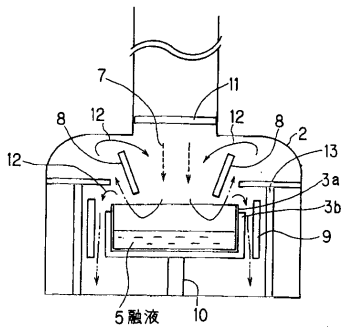


【図 4】

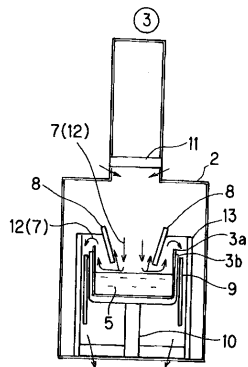


【図 5】

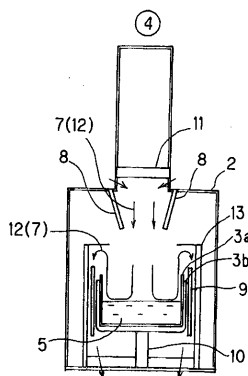
従来技術



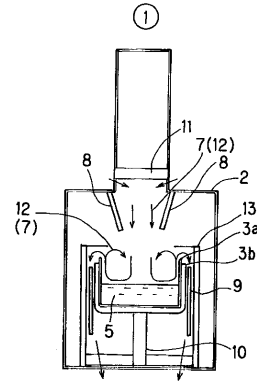
【図 8】



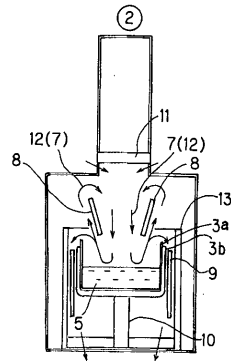
【図 9】



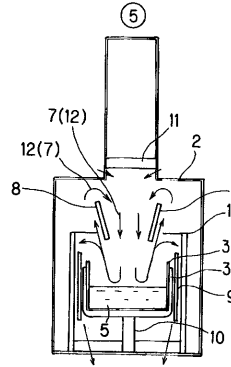
【図 6】



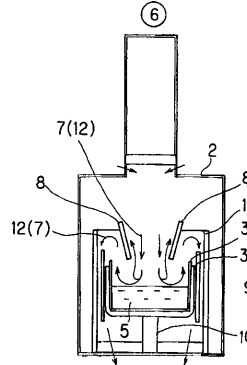
【図 7】



【図 10】



【図 11】



【図 1 2】

水準	熱遮蔽体位置	るつぼ位置 C_P	炭素濃度順位 (低い順)
①	A	23	(2)
②	B	23	(6)
③	C	23	(4)
④	A	-100	(1)
⑤	B	-100	(5)
⑥	C	-100	(3)

【図 1 3】

		炭素濃度[E17atoms/cm ³]	
るつぼ位置 $C/P(mm)$	ガス流量 (L/min)	80	120
30		0.08~0.09	0.03
-70		0.02	0.01

フロントページの続き

(72)発明者 松隈 伸

神奈川県平塚市四之宮三丁目 2 5 番 1 号 コマツ電子金属株式会社平塚工場内

(72)発明者 田村 政利

神奈川県平塚市四之宮三丁目 2 5 番 1 号 コマツ電子金属株式会社平塚工場内

F ターム(参考) 4G077 AA02 AB01 BA04 CF10 EB06 EG24 HA12