

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5270996号  
(P5270996)

(45) 発行日 平成25年8月21日(2013.8.21)

(24) 登録日 平成25年5月17日(2013.5.17)

(51) Int.Cl.

C3OB 15/04 (2006.01)

F I

C3OB 15/04

請求項の数 6 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2008-195999 (P2008-195999)	(73) 特許権者	000184713
(22) 出願日	平成20年7月30日(2008.7.30)		SUMCO TECHXIV株式会社
(65) 公開番号	特開2010-30853 (P2010-30853A)		長崎県大村市雄ヶ原町1324番地2
(43) 公開日	平成22年2月12日(2010.2.12)	(74) 代理人	100106002
審査請求日	平成23年8月1日(2011.8.1)		弁理士 正林 真之
		(74) 代理人	100120891
			弁理士 林 一好
		(72) 発明者	鳴嶋 康人
			長崎県大村市雄ヶ原町1324番地2 S
			UMCO TECHXIV株式会社内
		(72) 発明者	川添 真一
			長崎県大村市雄ヶ原町1324番地2 S
			UMCO TECHXIV株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 シリコン単結晶引上装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ドーブされたシリコン単結晶をチョクラルスキー法により融液から引き上げるシリコン単結晶引上装置であって、

引上炉と、

前記引上炉に外付けされ昇華性ドーパントを収容する試料室と、

前記試料室の内部と前記引上炉の内部との間を昇降可能な試料管と、

前記試料管を昇降させる昇降手段と、

前記引上炉の内部に設けられ、前記試料管から排出される前記昇華性ドーパントを前記融液に供給する供給管と、

前記試料管と前記供給管とを接合する接合手段と、を含み、

前記接合手段は、前記試料管の一端に設けられる凸部又は凹部のいずれか一方と、前記供給管の一端に設けられる凸部又は凹部のいずれか他方と、からなり、前記凸部と前記凹部との接触面が曲面となるように形成され、前記凸部が前記凹部に嵌合して接合されるボールジョイント構造により構成され、

前記試料管と前記供給管との間には、流路が形成されることを特徴とするシリコン単結晶引上装置。

【請求項 2】

前記接合手段は、前記試料管の一端から突出する凸部と、前記供給管の一端に設けられ前記凸部が嵌合可能に形成された凹部と、からなる請求項 1 に記載のシリコン単結晶引上

装置。

【請求項 3】

前記接合手段は、前記試料管の一端に設けられる凹部と、前記供給管の一端に設けられ前記凹部が嵌合可能に形成された凸部と、からなる請求項 1 に記載のシリコン単結晶引上装置。

【請求項 4】

前記凸部の外面は略球状を有し、前記凹部の内面は、前記凸部の外面に対応する湾曲形状を有する請求項 1 から 3 のいずれかに記載のシリコン単結晶引上装置。

【請求項 5】

前記昇降手段は、前記試料管が摺動可能なガイドレールを備え、

前記試料管は、前記ガイドレールに案内されて前記凸部を前記凹部に嵌合する請求項 1 から 4 のいずれかに記載のシリコン単結晶引上装置。

【請求項 6】

前記昇華性ドーパントは砒素又は赤燐である請求項 1 から 5 のいずれかに記載のシリコン単結晶引上装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、シリコン単結晶引上装置に関し、具体的には、引上炉内の坩堝に融液を貯留し、チョクラルスキー（CZ）法により、ドーブされたシリコン単結晶を融液から引き上げるシリコン単結晶引上装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、ドーパントをシリコン結晶に添加する方法としては、昇華性ドーパントが収容された試料室を、引上炉内の融液上方の所定位置まで下降し、融液から輻射される輻射熱によって昇華性ドーパントを加熱して昇華させて、昇華によって気体となった昇華性ドーパントを融液に導入する方法が取られている。

【0003】

気体となったドーパントを融液に導入する方法の1つとしては、供給管を、その開口端を融液より上方に配置して設け、アルゴンガス等の不活性ガスからなるキャリアガスによって搬送されるドーパントを、供給管から融液に向けて吹き付ける方式が挙げられる。

【0004】

特許文献1には、引上げ機構と干渉しない位置に試料管（ドーブ管）を配置して、試料管を坩堝の上面よりも上となる位置まで下降させて、その位置で融液から輻射される輻射熱によって試料室内部のドーパントを溶解させ、さらにドーパントを収容した試料管を融液に浸漬する位置まで下降させて、試料管の開放面から溶解されたドーパントを融液に投入し、成長軸方向に不連続に異なる比抵抗範囲をもつシリコン単結晶インゴットを引上げ成長させる発明が記載されている。

【特許文献1】特開2005-336020号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1には、試料管を供給管と接続する手段の詳細については検討されていない。気化した昇華性ドーパントは、試料管と供給管とが接続される接続手段の密閉性が高くないと、接続手段に形成される隙間から漏れる場合がある。その結果、必要な量の昇華性ドーパントを融液に供給することができなくなり、所望の品質のシリコン単結晶が得られなくなってしまう。

【0006】

そこで、試料管と供給管との接続位置が僅かにずれた場合でも、試料管と供給管とを接続する部分を密閉できる接続手段が求められている。しかしながら、供給管は引上炉の内

10

20

30

40

50

部に配置されているため、結晶の汚染の原因となる材質のものを使用できない。また、供給管は、融液の表面と近接して配置されるため、高温に晒されており、試料管と供給管とを接合する部分に用いられる材料は、耐熱性の高いものに限られる。このため、試料管と供給管との接続手段に用いることのできる材料は限定されており、密閉性を高める構造とすることが困難であった。

【0007】

本発明は、試料管と供給管とを接続する接続手段の密閉性を高め、昇華性ドーパントが接続手段から漏れることを防止するシリコン単結晶引上装置を提供することとする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

(1) 本発明のシリコン単結晶引上装置は、ドーブされたシリコン単結晶をチョクラルスキー法により融液から引き上げるシリコン単結晶引上装置であって、引上炉と、前記引上炉に外付けされ昇華性ドーパントを収容する試料室と、前記試料室の内部と前記引上炉の内部との間を昇降可能な試料管と、前記試料管を昇降させる昇降手段と、前記引上炉の内部に設けられ、前記試料管から排出される前記昇華性ドーパントを前記融液に供給する供給管と、前記試料管と前記供給管とを接合する接合手段と、を含み、前記接合手段は、前記試料管の一端から突出する凸部と、前記供給管の一端に設けられ前記凸部が嵌合可能に形成された凹部と、からなり、前記凸部と前記凹部との接触面が曲面となるように形成され、前記凸部が前記凹部に嵌合して接合されるボールジョイント構造により構成され、前記試料管と前記供給管との間には、流路が形成されることを特徴とする。

【0009】

(2) 本発明のシリコン単結晶引上装置は、ドーブされたシリコン単結晶をチョクラルスキー法により融液から引き上げるシリコン単結晶引上装置であって、引上炉と、前記引上炉に外付けされ昇華性ドーパントを収容する試料室と、前記試料室の内部と前記引上炉の内部との間を昇降可能な試料管と、前記試料管を昇降させる昇降手段と、前記引上炉の内部に設けられ、前記試料管から排出される前記昇華性ドーパントを前記融液に供給する供給管と、前記試料管と前記供給管とを接合する接合手段と、を含み、前記接合手段は、前記試料管の一端に設けられる凹部と、前記供給管の一端に設けられ前記凹部が嵌合可能に形成された凸部と、からなり、前記凹部と前記凸部との接触面が曲面となるように形成され、前記凹部が前記凸部に嵌合して接合されるボールジョイント構造により構成され、前記試料管と前記供給管との間には、流路が形成されることを特徴とする。

【0010】

(3) 前記凸部の外面は略球状を有し、前記凹部の内面は、前記凸部の外面に対応する湾曲形状を有することが好ましい。

【0011】

(4) 前記昇降手段は、前記試料管が摺動可能なガイドレールを備え、前記試料管は、前記ガイドレールに案内されて前記凸部を前記凹部に嵌合することが好ましい。

【0012】

(5) 前記昇華性ドーパントは砒素又は赤燐であることが好ましい。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、試料管と供給管とを接続する接続手段の密閉性を高め、昇華性ドーパントが接続手段から漏れることを防止するシリコン単結晶引上装置を提供できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

[引上炉]

以下、本発明のシリコン単結晶引上装置1の実施形態について具体的に説明する。図1は、本実施形態のシリコン単結晶引上装置1を説明する概略図である。図2は、本実施形態に係る試料室20と、遮蔽手段24と、試料管としてのドーブ管21と、昇降手段25と、供給管22との位置関係を示す断面の概略図である。図1及び図2に示すように、本

実施形態のシリコン単結晶引上装置 1 は、CZ 法による結晶成長に用いることのできる引上炉（チャンバ）2 を備えている。

【0015】

引上炉 2 の内部には、多結晶シリコン（Si）からなる原料を溶融した融液 5 を収容する坩堝 3 が設けられている。坩堝 3 は、黒鉛坩堝 3 2 とその内側の石英坩堝 3 1 とから構成されている。坩堝 3 の周囲には、坩堝 3 の中にある原料を加熱して溶融するヒータ 9 が設けられている。このヒータ 9 と引上炉 2 の内壁との間には、保温筒 1 3 が設けられている。

【0016】

また、坩堝 3 の上方には、引上げ機構 4 が設けられている。引上げ機構 4 は、引上げ用ケーブル 4 a と、引上げ用ケーブル 4 a の先端に取り付けられた種結晶ホルダ 4 b とからなる。この種結晶ホルダ 4 b によって種結晶が把持される。

10

【0017】

ここで、坩堝 3 の中に原料を入れ、ヒータ 9 を用いて加熱し、原料を溶融して融液 5 にする。融液 5 の溶融状態が安定化したところで、引上げ用ケーブル 4 a を降下して種結晶ホルダ 4 b に把持させた種結晶（図示せず）を融液 5 に浸漬する。種結晶を融液 5 になじませた後で、引上げ用ケーブル 4 a を上昇させ、融液 5 からシリコン単結晶（シリコン単結晶インゴット）6 を引上げて成長させる。シリコン単結晶 6 を成長させる際、坩堝 3 を回転軸 1 0 によって回転させる。それとともに、引上げ機構 4 の引上げ用ケーブル 4 a を、回転軸 1 0 の回転方向と同じ方向又は逆の方向に回転させる。ここで、回転軸 1 0 は鉛直方向にも駆動することができ、坩堝 3 を任意の上方方向の位置に上下動させることもできる。

20

【0018】

このとき、引上炉 2 の内部は外気を遮断して真空状態（例えば数 KPa 程度）に減圧し、不活性ガスとしてアルゴンガス 7 を供給しつつ、ポンプを用いてアルゴンガス 7 を排気する。引上炉 2 の内部にアルゴンガス 7 を流通させることにより、引上炉 2 の内部で発生した蒸発物を、アルゴンガス 7 ととともに引上炉 2 の外部に除去することができる。このときのアルゴンガス 7 の供給流量は、結晶成長の各プロセスによって各々設定することができる。

【0019】

30

シリコン単結晶 6 が成長してくると、融液 5 の減少によって融液 5 と坩堝 3 との接触面積が変化し、坩堝 3 からの酸素溶解量が変化するため、引き上げられるシリコン単結晶 6 中の酸素濃度分布に影響を与える。そこで、坩堝 3 の上方及びシリコン単結晶 6 の周囲に、熱遮蔽板 8（ガス整流筒）を設ける。この熱遮蔽板 8 は、引上炉 2 の上方より供給されるアルゴンガス 7 を融液表面 5 a の中央に導き、さらに融液表面 5 a を経由して融液表面 5 a の周縁部に導く作用を有する。そして、アルゴンガス 7 は、融液 5 からの蒸発物とともに、引上炉 2 の下部に設けた排気口（図示せず）から排出される。それにより、融液表面 5 a 上のガス流速を安定化させ、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。

【0020】

40

また、この熱遮蔽板 8 は、種結晶及び成長するシリコン単結晶 6 に対する、坩堝 3、融液 5、ヒータ 9 等の高温部で発生する輻射熱を遮断する作用も有する。ここで、熱遮蔽板 8 の下端と融液表面 5 a との距離の大きさは、坩堝 3 の上下動によって調整してもよく、熱遮蔽板 8 の昇降装置による上下動によって調整してもよい。

【0021】

〔試料室〕

試料室 2 0 は、成長させるシリコン単結晶 6 に、ドーパさせる昇華性ドーパント（不純物）2 3 を収容するものである。試料室 2 0 は、引上炉 2 のフランジ部に、後述する遮蔽手段 2 4 を介して外付けされるものである。ここで、試料室 2 0 に収容する昇華性ドーパント 2 3 としては、シリコン単結晶 6 に N 型の電気的特性を与えるための N 型用のドーパ

50

ントである、砒素As、赤燐P、又はアンチモンSbが挙げられる。特に、砒素As及び赤燐Pは、昇華可能な昇華性ドーパントであるため、これらを昇華性ドーパント23として用いることにより、比較的低い温度で固相から気相に気化させることができる。

#### 【0022】

試料室20に昇華性ドーパント23を収容する際には、試料管としてのドーブ管21に昇華性ドーパント23を投入するとともに、このドーブ管21を試料室20に収容することが好ましい。

#### 【0023】

ドーブ管21は、略円筒形の形状を有する。ドーブ管21は、試料室20の内部から引上炉2の内部に延びるように設けられるガイドレール25b（第1ガイドレール25c、第2ガイドレール25d）の溝に沿って配置され、ガイドレール25bに案内されて試料室20の内部と引上炉2の内部との間を昇降する。ドーブ管21及びガイドレール25bの具体的な形状については、後に詳述する。

#### 【0024】

ドーブ管21を用いることで、試料室20への昇華性ドーパント23の出し入れを容易にするとともに、稼働中の引上炉2への昇華性ドーパント23の投入をより確実に行うことができる。ここで、ドーブ管21の材質は、融液の輻射熱による高温に耐えられる材質であればよく、具体的には透明の石英を用いることができる。ドーブ管21は、昇華性ドーパント23を引上炉2の内部に供給する。

#### 【0025】

試料室20には真空ポンプ（図示せず）及びアルゴンガスライン（図示せず）を設けることが好ましい。真空ポンプ及びアルゴンガスラインを設けることで、試料室20の内部の圧力が引上炉2と独立して減圧され、又は常圧に戻されるため、ゲートバルブを開放した時やドーブ管21を取り外した時に、試料室20の内部における急激な圧力変化を低減することができる。

#### 【0026】

また、試料室20には冷却機構を設けることが好ましい。冷却機構を設けることで、引上炉2の中で加熱されたドーブ管21が、冷却機構とアルゴンガスとの併用で効率よく冷却されるため、ドーブ管21の交換をよりスムーズにすることができる。

#### 【0027】

試料室20と引上炉2との間には、遮蔽手段24の他に、両端にフランジを有する配管を介することもできる。このとき、配管には試料室20と同様に冷却機構を設けることもでき、又は、配管に小窓を設けることもできる。特に、配管に小窓を設けることで、昇華性ドーパント23の投入が確実に行われていることを容易に確認することができる。

#### 【0028】

##### [遮蔽手段]

遮蔽手段24は、引上炉2と試料室20とを熱的に遮断するものであり、引上炉2と試料室20の間に設けられるものである。遮蔽手段24を設けることで、引上炉2内の輻射熱及び雰囲気が遮蔽手段24で熱的に遮断されるため、所望のタイミングで所望量の昇華性ドーパント23を気化することができ、例えば結晶成長中に遮蔽手段24を開放して試料室20から昇華性ドーパント23を投入することも可能になる。

#### 【0029】

遮蔽手段24としては、スライドゲートバルブを好ましく用いることができる。スライドゲートバルブを用いることにより、遮蔽手段24のストローク方向のスペースが小さくなるため、試料室20から昇華性ドーパント23を移送する距離をより短くすることができる。このとき、遮蔽手段24にも冷却機構を用いることがより好ましい。冷却機構を用いることで、引上炉2からの熱によって遮蔽手段24が劣化しないため、引上炉2と試料室20との間を確実に熱的に遮断することができる。

#### 【0030】

遮蔽手段24を閉じている間は、引上炉2内の輻射熱が試料室20内の昇華性ドーパ

ト 2 3 に及ばず、昇華性ドーパント 2 3 が気化しない。そのため、シリコン単結晶 6 の成長を開始して最初に遮蔽手段 2 4 を開くまでの間は、成長するシリコン単結晶 6 を昇華性ドーパント 2 3 が含まれない無添加の状態にすることができる。

#### 【 0 0 3 1 】

その後、シリコン単結晶 6 に昇華性ドーパント 2 3 をドーブし始めるタイミング、すなわちシリコン単結晶 6 の肩部から直胴部の前半部まで成長したタイミングで遮蔽手段 2 4 を開放する。ここで、遮蔽手段 2 4 を開放する際には、昇華性ドーパント 2 3 を試料室 2 0 の所定の位置に収納して試料室 2 0 の扉を閉めた後、試料室 2 0 側の真空ポンプを作動させて引上炉 2 の内部と試料室 2 0 の内部とを調圧してから、遮蔽手段 2 4 を開放するようにする。シリコン単結晶 6 の肩部から直胴部の前半部まで成長したタイミングで遮蔽手段 2 4 を開放し、N 型用の昇華性ドーパント 2 3 を高濃度にドーブさせることにより、肩部から直胴部の前半部までは、昇華性ドーパント 2 3 が無添加の状態となっており、直胴部の前半部以降テール部までは、昇華性ドーパント 2 3 が高濃度に添加された状態となっている。従って、抵抗率が  $0.01 \text{ cm}$  より小さい N 型の電気的特性を示す N + + 型シリコン単結晶 6 を製造することができる。

10

なお、ドーブ開始のタイミングは上記のタイミングに制限されるものではない。例えば、単結晶を引き上げる前に、すなわち、石英坩堝 3 1 内の多結晶素材が溶解した後から種結晶が融液に着液するまでの間に、ドーブを開始してもよい。

#### 【 0 0 3 2 】

シリコン単結晶 6 に昇華性ドーパント 2 3 を高濃度に添加して低抵抗率の N + + 型のシリコン単結晶 6 を引上げ、成長させるときには、結晶の崩れが生じやすい。一方、本実施形態によれば、遮蔽手段 2 4 を用いることでシリコン単結晶 6 に N 型の電気的特性を与える昇華性ドーパント 2 3 を投入するタイミングが正確に制御されるため、仮にシリコン単結晶 6 の直胴部の前半部までの成長に時間がかかったとしても、結晶の崩れを低減することができる。

20

#### 【 0 0 3 3 】

この遮蔽手段 2 4 は、シリコン単結晶 6 の成長が終わったタイミングに加え、結晶の成長中であっても昇華性ドーパント 2 3 を全て投入し終えたタイミングでも閉じることができる。遮蔽手段 2 4 を閉じた後は、試料室 2 0 内にアルゴンガス 7 を導入して試料室 2 0 の内部の圧力を大気圧に戻した後、試料室 2 0 の扉を開放して昇華性ドーパント 2 3 を繰返し投入することができる。

30

#### 【 0 0 3 4 】

##### [ 昇降手段 ]

昇降手段 2 5 は、ドーブ管 2 1 を、後述する供給管 2 2 に接続するように昇降させるものである。昇降手段 2 5 は、ドーブ管 2 1 が摺動可能なガイドレール 2 5 b ( 第 1 ガイドレール 2 5 c 及び第 2 ガイドレール 2 5 d ) 及びガイドレール 2 5 b に沿ってドーブ管 2 1 を昇降させるワイヤ機構 2 5 a を備える。

#### 【 0 0 3 5 】

ワイヤ機構 2 5 a は、ドーブ管 2 1 に取り付けられるワイヤ 2 6 と、ワイヤ 2 6 を巻き取るドラム部材としての巻き取りドラム 2 5 2 と、巻き取りドラム 2 5 2 を駆動する駆動装置としてのモータ 2 5 1 と、を備える。ワイヤ機構 2 5 a は、ドーブ管 2 1 をガイドレール 2 5 b に沿ってワイヤ 2 6 により昇降させる機構であり、モータ 2 5 1 により巻き取りドラム 2 5 2 を駆動して、ワイヤ 2 6 を介してドーブ管 2 1 の高さ位置を調節する。このとき、ワイヤ機構 2 5 a におけるモータ 2 5 1 の駆動は、ドーブ管 2 1 の高さ位置や遮蔽手段 2 4 の開閉状態によって制御されることが好ましい。

40

#### 【 0 0 3 6 】

ワイヤ 2 6 は、巻き取りドラム 2 5 2 に収容可能であり、試料室 2 0 のワイヤ機構 2 5 a 側の端部から引上炉 2 の内部まで、ドーブ管 2 1 を昇降させることができる長を有していればよく、ワイヤ 2 6 の長さは特に限定されない。ワイヤ 2 6 は、モリブデン製の金属等の耐熱性の金属で構成される。ワイヤ 2 6 は、ドーブ管 2 1 の長手方向の端部に引っ掛

50

けて固定できるようになっている。

【 0 0 3 7 】

ガイドレール 2 5 b は、試料室 2 0 の内部から遮蔽手段 2 4 まで延びる第 1 ガイドレール 2 5 c と、遮蔽手段 2 4 から引上炉 2 の内部まで延びる第 2 ガイドレール 2 5 d とを備える。第 1 ガイドレール 2 5 c 及び第 2 ガイドレール 2 5 d は、試料室 2 0 の内部から供給管 2 2 に向かって設けられ、ドープ管 2 1 が昇降する位置を規定するものである。第 1 ガイドレール 2 5 c 及び第 2 ガイドレール 2 5 d を設けることで、ドープ管 2 1 をより確実に供給管 2 2 に接続し、昇華性ドーパント 2 3 をより確実に供給管 2 2 に送ることができる。ここで、ガイドレール 2 5 b は、黒鉛材からなることが好ましい。黒鉛材から形成することにより、高い耐熱性を持たせるとともに、ガイドレール 2 5 b の形状に対する制約をより小さくすることができる。

10

【 0 0 3 8 】

これらの昇降手段 2 5 は、図 1 に示すように、シリコン単結晶 6 及び引上げ機構 4 と干渉せず、融液 5 に浸漬しない位置に配置する。昇降手段 2 5 を引上げ機構 4 と干渉しない位置に配置することにより、シリコン単結晶 6 を引き上げながら昇華性ドーパント 2 3 を投入することができる。

【 0 0 3 9 】

遮蔽手段 2 4 は、試料室 2 0 から引上炉 2 の内部に向かって第 1 ガイドレール 2 5 c 及び第 2 ガイドレール 2 5 d が延びる方向に直交するように、設けられている。図 3 に示すように、第 1 ガイドレール 2 5 c 及び第 2 ガイドレール 2 5 d それぞれには、ドープ管 2 1 の外径に適合する溝 2 5 3 が形成されている。図 3 は、ドープ管 2 1 とガイドレール 2 5 b との配置を示す斜視図である。説明の便宜のため、第 1 ガイドレール 2 5 c と第 2 ガイドレール 2 5 d との間の遮蔽手段 2 4 は省略してある。溝 2 5 3 は、横断面が略半円で、円筒を縦に割った形状を有する。溝 2 5 3 は、ドープ管 2 1 が摺動可能なように、ドープ管 2 1 の外径よりも僅かに大きい内径を有する。

20

【 0 0 4 0 】

第 1 ガイドレール 2 5 c の遮蔽手段 2 4 側の端部及び第 2 ガイドレール 2 5 d の遮蔽手段 2 4 側の端部には、それぞれこれらの端部に向かって内径が大きくなるテーパ 2 5 4 a、2 5 4 b が形成される。

【 0 0 4 1 】

遮蔽手段 2 4 が開いた状態では、第 1 ガイドレール 2 5 c と第 2 ガイドレール 2 5 d との間に遮蔽手段 2 4 の分の隙間が形成される。しかしながら、第 1 ガイドレール 2 5 c 及び第 2 ガイドレール 2 5 d の遮蔽手段 2 4 側の端部には、これらの端部に向かって内径が大きくなるテーパ 2 5 4 a、2 5 4 b が形成されている。このため、遮蔽手段 2 4 が開いた状態で、ドープ管 2 1 が第 1 ガイドレール 2 5 c と第 2 ガイドレール 2 5 d との間の隙間を通過するときに、ドープ管 2 1 が傾いたとしても、ドープ管 2 1 はテーパ 2 5 4 a、2 5 4 b によって傾きを補正される。従って、ドープ管 2 1 は、第 1 ガイドレール 2 5 c と第 2 ガイドレール 2 5 d との間をスムーズに受け渡されるため、ガイドレール 2 5 b をスムーズに昇降する。

30

【 0 0 4 2 】

[ ドープ管 ]

図 3 に示すように、ドープ管 2 1 は、管状の本体 2 1 4 と、ドープ管 2 1 の長手方向の一方の端部に、該長手方向に沿って突出する凸部 2 1 1 とを備える。ドープ管 2 1 の長手方向の一方の端部とは、ドープ管 2 1 をガイドレール 2 5 b に配置したときに、ドープ管 2 1 の引上炉 2 の内部側に位置する側の端部（以下、下端部という）である。凸部 2 1 1 は、ドープ管 2 1 の本体 2 1 4 の端面 2 1 5 の略中央部から突出し、略球状の形状を有する。「略球状の形状」とは、完全な球状ではないが、大部分が球状の曲面を備えていることを意味する。

40

【 0 0 4 3 】

図 4 に示すように、凸部 2 1 1 の内部は中空である。図 4 ( a ) は、ドープ管 2 1 が供

50

給管 2 2 に接続された状態の断面の概略図である。図 4 ( b ) は、図 4 ( a ) の部分拡大断面図である。ドープ管 2 1 は、その長手方向の最も下方側に、ドープ管 2 1 の内部から外部へ連通する貫通孔 2 1 2 を備える。貫通孔 2 1 2 には、この貫通孔 2 1 2 よりさらに細かい孔が複数形成された板 2 1 6 が取り付けられている。この孔の直径は 2 mm 程度である。このような構成により、ドープ管 2 1 の内部に収容された昇華性ドーパント 2 3 が貫通孔 2 1 2 から外部に落ちることを防止できる。ドープ管 2 1 は、遮蔽手段 2 4 が開いたときに、ワイヤ機構 2 5 a の駆動によって、ガイドレール 2 5 b を摺動して降下する。図 4 ( a ) 及び図 4 ( b ) に示すように、ドープ管 2 1 は、降下した後、引上炉 2 の内部に設けられた供給管 2 2 と接続される。ドープ管 2 1 が供給管 2 2 と接続された際に、貫通孔 2 1 2 に取り付けられた板 2 1 6 の孔より、ドープ管 2 1 の内部から供給管 2 2 の内部へと通じる流路が形成される。

10

#### 【 0 0 4 4 】

また、ドープ管 2 1 は、本体 2 1 4 の端面 2 1 5 からドープ管 2 1 の長手方向に沿って下方に突出する突起 2 1 3 を備える。突起 2 1 3 の外側の面は、ドープ管 2 1 の外周側から凸部 2 1 1 側に傾斜している。突起 2 1 3 の高さ（端面 2 1 5 からドープ管 2 1 の長手方向に沿う高さ）は、凸部 2 1 1 の高さ（端面 2 1 5 からドープ管 2 1 の長手方向に沿う高さ）よりも低い。遮蔽手段 2 4 が開き、ドープ管 2 1 が第 1 ガイドレール 2 5 c と第 2 ガイドレール 2 5 d との間の隙間を通過するとき、ドープ管 2 1 が傾いたとしても、突起 2 1 3 がテーパ 2 5 4 a、2 5 4 b によって傾きを補正される。従って、ドープ管 2 1 は、第 1 ガイドレール 2 5 c と第 2 ガイドレール 2 5 d との間をスムーズに受け渡されるため、ガイドレール 2 5 b をスムーズに昇降する。

20

#### 【 0 0 4 5 】

なお、ドープ管 2 1 の他方の端部には、昇華性ドーパント 2 3 を出し入れする開口と、この開口を封じるキャップ 2 1 7 が設けられる。ドープ管 2 1 は、ガイドレール 2 5 b を昇降するため、他方の端部にも、一方の端部と同様に突起 2 1 3 が設けられる。従って、ドープ管 2 1 がワイヤ機構 2 5 a により引き上げられるときにも、ドープ管 2 1 は、第 1 ガイドレール 2 5 c 及び第 2 ガイドレール 2 5 d との間をスムーズに昇降できる。

#### 【 0 0 4 6 】

##### [ 供給管 ]

図 4 ( a ) に示すように、供給管 2 2 は、昇降手段 2 5 により降下したドープ管 2 1 と接続し、融液 5 等からの輻射熱が与えられることによって気化した昇華性ドーパント 2 3 を融液 5 に導くものである。供給管 2 2 は、ドープ管 2 1 から排出される昇華性ドーパント 2 3 を引上炉 2 の内部に供給する。

30

#### 【 0 0 4 7 】

供給管 2 2 は、図 1 に示すように、シリコン単結晶 6 及び引上げ機構 4 と干渉せず、融液 5 に浸漬しない位置に配置する。後述するように、供給管 2 2 の一端には、ドープ管 2 1 の凸部 2 1 1 と接合される接合部 2 2 2 が設けられる。供給管 2 2 の材質は、融液等の輻射熱による高温に耐える材質を用いることができ、具体的には石英を用いることができる。

#### 【 0 0 4 8 】

40

供給管 2 2 は、引上げ機構 4 と干渉しない位置に配置されることにより、シリコン単結晶 6 を引き上げながら、気化した昇華性ドーパント 2 3 を融液 5 に導くことが可能になり、結晶の引上げ中のドーピングを極めて精度よく行うことができる。また、供給管 2 2 を融液 5 に浸漬しない位置に配置し、気化した昇華性ドーパント 2 3 を供給管 2 2 から融液 5 に吹き付けることで、供給管 2 2 や昇華性ドーパント 2 3 等を融液 5 に浸漬することで起こる融液 5 の液振、融液 5 の液温の低下、及び融液 5 の対流の変化が軽減される。また、成長中の単結晶の結晶化率を安定化させることにより、成長したシリコン単結晶 6 の結晶状態への悪影響を少なくすることができる。このとき、供給管 2 2 は、融液 5 に昇華性ドーパント 2 3 を吹きつけるときに融液 5 内への昇華性ドーパント 2 3 の投入効率が最大となるような位置に配置することが好ましい。

50

## 【 0 0 4 9 】

図 4 ( a ) に示すように、供給管 2 2 は、昇華性ドーパントを融液 5 に導く本体 2 2 4 と、供給管 2 2 の長手方向の一方の端部に設けられ、該長手方向に沿って突出する接合部 2 2 2 とを備える。この一方の端部は、供給管 2 2 を引上炉 2 の内部に配置したときに、第 2 ガイドレール 2 5 d 側に向けて配置される側の端部（以下、上端部という）である。図 4 ( b ) に示すように、接合部 2 2 2 は、ドープ管 2 1 の凸部 2 1 1 が嵌合可能な凹形状を有する凹部 2 2 1 を備える。ドープ管 2 1 の凸部 2 1 1 と凹部 2 2 1 とは、ドープ管 2 1 と供給管 2 2 とを接合する接合手段としてのボールジョイント構造を構成する。凹部 2 2 1 は、第 2 ガイドレール 2 5 d に沿って降下したドープ管 2 1 の凸部 2 1 1 が嵌合して接続するように、第 1 ガイドレール 2 5 c 及び第 2 ガイドレール 2 5 d の軌道上に配置される。

10

## 【 0 0 5 0 】

凹部 2 2 1 の内面は、ドープ管 2 1 の凸部 2 1 1 との接触面となり、この接触面が曲面となるように形成される。凹部 2 2 1 の内面は、ドープ管 2 1 の凸部 2 1 1 の外面に対応する湾曲した湾曲形状を有する。凹部 2 2 1 の最も深く窪んだ部分には孔 2 2 3 が形成され、この孔 2 2 3 は中空の供給管 2 2 へと連続している。この構成により、ドープ管 2 1 が供給管 2 2 に接続されたときに、ドープ管 2 1 の内部と供給管 2 2 の内部とを連通する流路が形成され、気化した昇華性ドーパントが融液 5 に導かれる。

## 【 0 0 5 1 】

## 〔 パージチューブ 〕

20

図 1 に示すように、引上炉 2 には、上方から下方に向かって、パージチューブ 1 4 が設けられる。パージチューブ 1 4 は、引上炉 2 の上方から下向きに延び、供給管 2 2 の接合部から、供給管 2 2 に沿ってさらに融液 5 の上面まで延びる。パージチューブ 1 4 は、ドープ管 2 1 がガイドレール 2 5 b に沿って昇降する際、ガイドレール 2 5 b から擦れて生じる粉体としてのカーボン粉を融液 5 に混入させない。

## 【 0 0 5 2 】

次に、図 2 から図 4 を参照して、本実施形態に係るシリコン単結晶引き上げ装置 1 の使用状態の一例を説明する。ドープ管 2 1 には、昇華性ドーパント 2 3 が投入される。投入されている間は、遮蔽手段 2 4 は閉じており、試料室 2 0 の内部は大気圧である。昇華性ドーパント 2 3 がドープ管 2 1 に投入された後、所定の圧力に調整され、遮蔽手段 2 4 が開かれる。

30

## 【 0 0 5 3 】

ドープ管 2 1 は、ワイヤ機構 2 5 a のワイヤ 2 6 と接続されている。ワイヤ機構 2 5 a のモータ 2 5 1 は、巻き取りドラム 2 5 2 を駆動して、ワイヤ 2 6 を繰り出す。そして、ワイヤ 2 6 に接続されたドープ管 2 1 が下降する。ドープ管 2 1 は、遮蔽手段 2 4 が開かれると、第 1 ガイドレール 2 5 c 及び第 2 ガイドレール 2 5 d に沿って降下する。

## 【 0 0 5 4 】

遮蔽手段 2 4 が開いた状態では、第 1 ガイドレール 2 5 c と第 2 ガイドレール 2 5 d との間に隙間が開いている。しかしながら、第 1 ガイドレール 2 5 c の遮蔽手段 2 4 側の端部及び第 2 ガイドレール 2 5 d の遮蔽手段 2 4 側の端部には、これらの端部側に向かって内径が大きくなるテーパ 2 5 4 a、2 5 4 b が形成されている。このため、遮蔽手段 2 4 が開いた状態で、ドープ管 2 1 が第 1 ガイドレール 2 5 c と第 2 ガイドレール 2 5 d との間の隙間を通過するとき、ドープ管 2 1 が傾いたとしても、ドープ管 2 1 はテーパ 2 5 4 a、2 5 4 b によって傾きを補正される。従って、ドープ管 2 1 は、第 1 ガイドレール 2 5 c と第 2 ガイドレール 2 5 d との間をスムーズに受け渡されるため、ガイドレール 2 5 b をスムーズに昇降する。

40

## 【 0 0 5 5 】

さらに、ドープ管 2 1 の長手方向の端部には、ドープ管 2 1 の外側から内側に向かって傾斜する突起 2 1 3 が設けられているため、よりスムーズに、ドープ管 2 1 が昇降する。

## 【 0 0 5 6 】

50

ドープ管 2 1 は、ガイドレール 2 5 b に形成された溝 2 5 3 に沿って降下する。ドープ管 2 1 はワイヤ 2 6 によって支持されて、第 2 ガイドレール 2 5 d の引上炉 2 側の端部を通過する。ガイドレール 2 5 b を下方に摺動したドープ管 2 1 は、溝 2 5 3 の延長線上に配置されている供給管 2 2 の接合部 2 2 2 に接続される。ドープ管 2 1 の下端部に設けられた凸部 2 1 1 は、ガイドレール 2 5 b に案内されて供給管 2 2 の上端部に設けられた凹部 2 2 1 に嵌合する。

【 0 0 5 7 】

凸部 2 1 1 の最も下方側には、貫通孔 2 1 2 が設けられ、貫通孔 2 1 2 に複数の孔を有する板 2 1 6 が取り付けられている。一方、凹部 2 2 1 の最も窪んだ部分は、供給管 2 2 の内部へと連通する孔 2 2 3 となっている。このため、凸部 2 1 1 が凹部 2 2 1 に嵌合するとドープ管 2 1 と供給管 2 2 との間には流路が形成される。ドープ管 2 1 の内部の気化した昇華性ドーパント 2 3 は、流路を通過して供給管 2 2 まで流れ込み、供給管 2 2 のさらに下方にある融液 5 の上面に吹き付けられる。

【 0 0 5 8 】

このとき、ドープ管 2 1 が供給管 2 2 と接続される角度に多少ずれが生じて、接合手段の凸部 2 1 1 と凹部 2 2 1 とはボールジョイント構造であるため、凸部 2 1 1 が凹部 2 2 1 に嵌ったまま、両者間の角度を変えることができる。また、ガイドレール 2 5 b は引上炉 2 の内部に向かって傾斜して設けられており、この傾斜したガイドレール 2 5 b を通過したドープ管 2 1 の自重が凸部 2 1 1 にかかるため、凸部 2 1 1 と凹部 2 2 1 とがより強固に密着する。

【 0 0 5 9 】

本実施形態のシリコン単結晶引上装置によれば、以下の各効果が奏される。本実施形態によれば、ドープ管 2 1 と供給管 2 2 との接続手段は、ドープ管 2 1 に設けられた凸部 2 1 1 と供給管 2 2 に設けられた凹部 2 2 1 からなる。そして、凸部 2 1 1 と凹部 2 2 1 との接触面は曲面となるように形成され、互いに嵌合するように適合されているため、ドープ管 2 1 と供給管 2 2 との接続手段の密閉性を向上させることができる。仮に、凸部 2 1 1 と凹部 2 2 1 とをテーパ形状として嵌め合わせた場合には、テーパの凸部と凹部とが嵌まり込んで固定され、外れないという状態になる恐れがある。しかしながら、本実施形態における接続手段においては、凸部 2 1 1 と凹部 2 2 1 との接触面が曲面であるため、互いに嵌り合って外れなくなることを防止できる。さらに、凸部 2 1 1 と凹部 2 2 1 との接触面が曲面であることで、凸部 2 1 1 と凹部 2 2 1 との熱膨張率が異なる場合でも、両者を問題なく接続することができ、互いに異なる物性値の凸部 2 1 1 及び凹部 2 2 1 を用いることができる。

【 0 0 6 0 】

本実施形態によれば、凸部 2 1 1 は略球状であるため、ドープ管 2 1 が供給管 2 2 に接続される角度がずれた場合でも、凸部 2 1 1 が凹部 2 2 1 の湾曲した形状に沿って移動することにより、凸部 2 1 1 と凹部 2 2 1 との位置のずれを補正することができる。

【 0 0 6 1 】

本実施形態によれば、ドープ管 2 1 は、傾斜したガイドレール 2 5 b を降下して、供給管 2 2 に接続される。このため、供給管 2 2 の凹部 2 2 1 にドープ管 2 1 の自重が掛かり、凸部 2 1 1 と凹部 2 2 1 との密閉性がさらに向上する。

【 0 0 6 2 】

本発明の実施形態は、上記の実施形態に何ら限定されることなく、本発明の技術的範囲は、これに限定されるものではない。例えば、上記の実施形態では、ドープ管 2 1 に凸部 2 1 1 が設けられ、供給管 2 2 に凹部 2 2 1 が設けられる構成となっているが、凸部 2 1 1 と凹部 2 2 1 とが逆の構成であってもよい。すなわち、本発明における接合手段は、試料管（ドープ管 2 1 ）の一端に設けられる凹部と、供給管 2 2 の一端に設けられ凹部が嵌合可能に形成された凸部と、からなり、凹部と凸部との接触面が曲面となるように形成され、凹部が凸部に嵌合して接合されるボールジョイント構造により構成され、ドープ管 2 1 と供給管 2 2 との間には、流路が形成されるように構成することもできる。

## 【 0 0 6 3 】

図示は省略し、便宜上、上記の実施形態と同じ符号を用いるが、詳細には、ドープ管 2 1 の下端部側に凹部が設けられ、供給管 2 2 の上端部側に接合部 2 2 2 が設けられる。接合部 2 2 2 は、ガイドレール 2 5 b 側に向かって突出する凸部を備える。ドープ管 2 1 がガイドレール 2 5 b に沿って下方に摺動すると、ドープ管 2 1 の下端部に設けられた凹部は、ガイドレール 2 5 b に案内されて供給管 2 2 の上端部に設けられた凸部に嵌合する。その他の構成及び効果は上記の実施形態と同様である。

## 【 0 0 6 4 】

また、上記の実施形態では、吹き付け法により昇華性ドーパント 2 3 を融液 5 に供給するようにしているが、供給管 2 2 を融液 5 に浸漬する浸漬法を用いて昇華性ドーパント 2 3 を融液 5 に供給してもよい。

## 【 0 0 6 5 】

また、キャリアガス導入管（図示せず）を用いることもできる。キャリアガス導入管は、ドープ管 2 1 に連通するものであり、図示しないガス供給源から供給されるドーパント輸送用のキャリアガスをドープ管 2 1 に導入するものである。キャリアガスを導入することにより、気化した昇華性ドーパント 2 3 をドープ管 2 1 内に滞留させることなく、効率よく供給管 2 2 を経て融液 5 に導くことができる。キャリアガス導入管は、例えば石英から構成される。また、キャリアガスとしては、アルゴンガス等の不活性ガスが用いられる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 6 6 】

【 図 1 】 本発明の実施形態のシリコン単結晶引上装置を示す概略図である。

【 図 2 】 本実施形態に係る昇降手段を示す断面の概略図である。

【 図 3 】 本実施形態に係るドープ管とガイドレールとの配置を示す斜視図である。

【 図 4 】 図 4 ( a ) は、本実施形態に係るドープ管が供給管に接続された状態の断面の概略図であり、図 4 ( b ) は、図 4 ( a ) の部分拡大断面図である。

## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 6 7 】

- 1 シリコン単結晶引上装置
- 2 引上炉
- 5 融液
- 1 4 パージチューブ
- 2 0 試料室
- 2 1 試料管（ドープ管）
- 2 1 1 凸部
- 2 2 供給管
- 2 2 1 凹部
- 2 2 2 接合部
- 2 3 昇華性ドーパント
- 2 4 遮蔽手段
- 2 5 昇降手段
- 2 5 a ワイヤ機構
- 2 5 b ガイドレール
- 2 5 c 第 1 ガイドレール
- 2 5 d 第 2 ガイドレール
- 2 5 1 駆動装置
- 2 5 2 ドラム部材（巻き取りドラム）
- 2 5 3 溝
- 2 5 4 a、2 5 4 b テーパー
- 2 6 ワイヤ

10

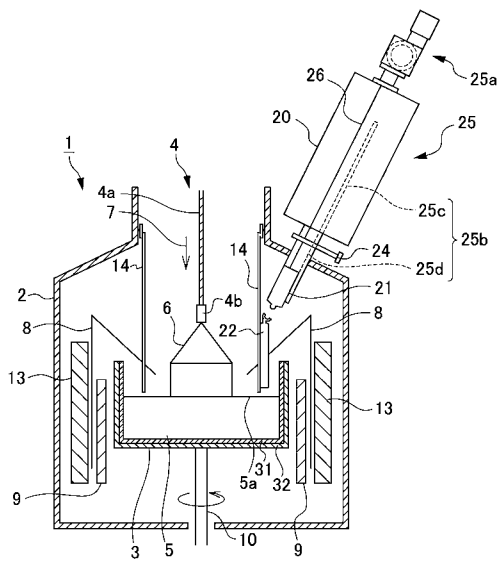
20

30

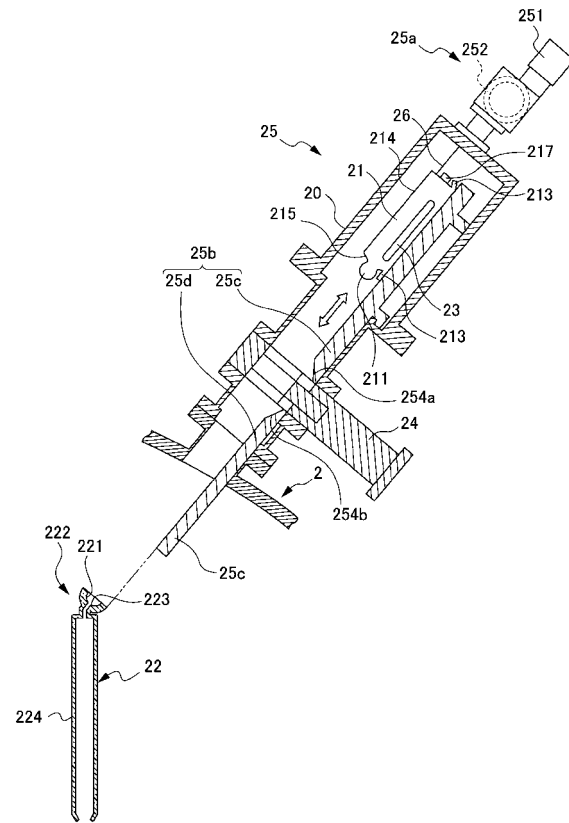
40

50

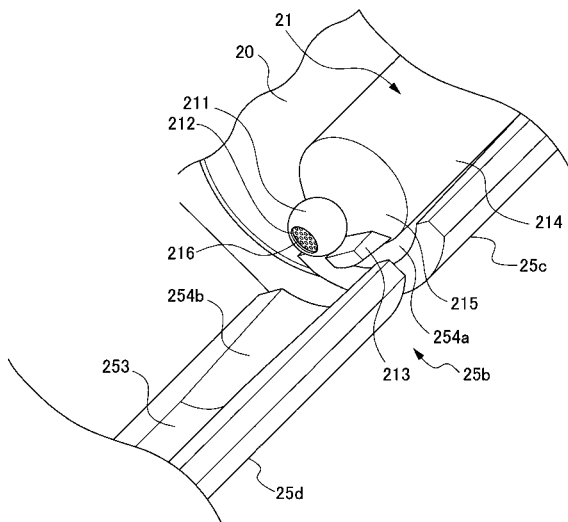
【図 1】



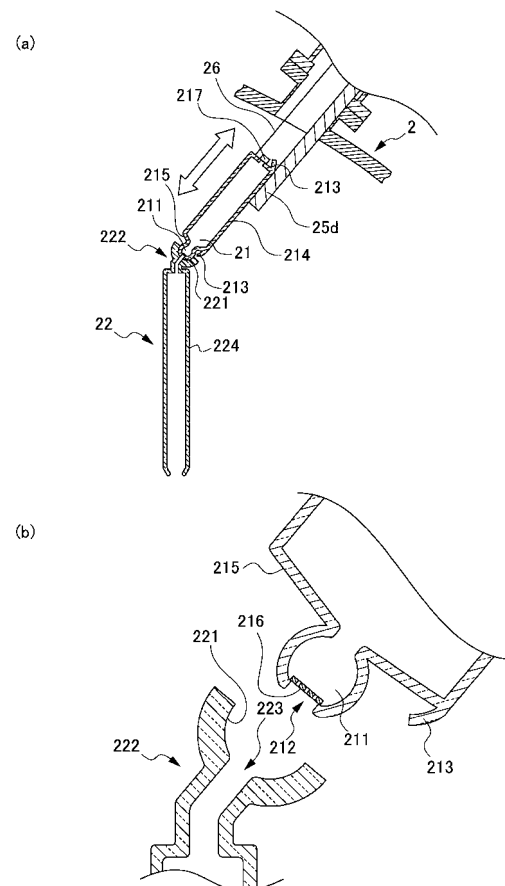
【図 2】



【図 3】



【図 4】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 小川 福生  
長崎県大村市雄ヶ原町1324番地2 SUMCO TECHXIV株式会社内
- (72)発明者 久保田 利通  
長崎県大村市雄ヶ原町1324番地2 SUMCO TECHXIV株式会社内
- (72)発明者 福田 朋広  
長崎県大村市雄ヶ原町1324番地2 SUMCO TECHXIV株式会社内

審査官 伊藤 光貴

- (56)参考文献 特開昭61-227986(JP,A)  
特開昭59-88394(JP,A)  
特開2005-336020(JP,A)  
特開平9-227275(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
C30B 1/00 - 35/00