(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4414014号
(P4414014)

(45)発行日　平成22年2月10日(2010.2.10)　(24)登録日　平成21年11月27日(2009.11.27)

(51)Int.Cl.　　F I
C30B 15/20 (2006.01)　　C30B 15/20
C30B 29/06 (2006.01)　　C30B 29/06　502E

請求項の数 3　(全 9 頁)

(21)出願番号　特願平11-94695
(22)出願日　平成11年4月1日(1999.4.1)
(65)公開番号　特開2000-281479(P2000-281479A)
(43)公開日　平成12年10月10日(2000.10.10)
審査請求日　平成18年3月8日(2006.3.8)

(73)特許権者　000184713
ＳＵＭＣＯ　ＴＥＣＨＸＩＶ株式会社
長崎県大村市雄ヶ原町１３２４番地２
(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　花本　忠幸
神奈川県平塚市万田１２００番地　株式会社小松製作所内
(72)発明者　森本　茂夫
神奈川県平塚市万田１２００番地　株式会社小松製作所内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】単結晶インゴット製造装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
原料の融液から単結晶インゴットをチョクラルスキー法により炉内で引き上げる単結晶インゴット製造装置であって、
引き上げられている単結晶インゴットを囲繞して周囲の熱から遮蔽する熱遮蔽体と、
引き上げられている単結晶の特定部位の冷却を行う冷却機構と
を備える単結晶インゴット製造装置において、
前記冷却機構は、
引き上げられている単結晶インゴットを囲み当該単結晶インゴットの周方向に沿って複数本配列され、炉の上下方向にその長手方向が一致し、その下部が原料融液上方に位置するように配置された複数本のヒートパイプと、
複数本のヒートパイプの上部を冷却する冷却部と
を含んで構成されていること
を特徴とする単結晶インゴット製造装置。
【請求項２】
複数本のヒートパイプの上部は、炉外に配置されていること
を特徴とする請求項１記載の単結晶インゴット製造装置。
【請求項３】
熱遮蔽体は、複数本のヒートパイプの下端を原料融液から遮蔽し、複数本のヒートパイプを囲む炉内部材から遮蔽するように形成されていること

を特徴とする請求項１または２記載の単結晶インゴット製造装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、チョクラルスキー法（以下、ＣＺ法）により単結晶インゴットを製造する単結晶インゴット製造装置及び方法、特に装置内で引き上げられている単結晶インゴットの特定部位の冷却を行う冷却機構を備えた単結晶インゴット製造装置及び方法に関する。
【０００２】
【従来の技術】
チョクラルスキー法（以下、ＣＺ法）により単結晶を得る場合において、炉内で引き上げ中の単結晶インゴット（以下、単結晶引き上げインゴット）の結晶欠陥のコントロールを行うためには、引き上げ速度Ｖと当該単結晶引き上げインゴットの温度勾配Ｇの比「Ｖ／Ｇ」の制御を適切に行うことが有効であるとされている（特開平８－３３７４９０号公報など）。
【０００３】
更に詳しくは、シリコンインゴットの場合には、温度勾配Ｇは、Ｇ１（界面近傍の温度勾配）と称されるシリコン融点から１３５０℃ないしは１３００℃の部分、及びＧ２（欠陥形成温度領域の温度勾配）と称される１１５０℃から１０８０℃の部分についてのものを特に適切にコントロールすることが必要であるとされている（特開平１０－２０８９８７号公報）。
【０００４】
そして、かかる部分を適切に冷却するために、炉内に冷却機構（クーラー）を設けた単結晶インゴット製造装置も発明されている（例えば、特開昭６３－２５６５９３号公報、特許第２５６２２４５号）。更には、冷却水を通す配管系からなるクーラーは、配管系が破損をした場合の損害が甚大であることから、そのことを考慮して、液体冷媒を流通させるダクト系に熱伝導体を接続した構造を有する冷却機構も提案されている（特開平８－２３９２９１号公報）。
【０００５】
【発明が解決しようとする課題】
上記のような特開平８－２３９２９１号公報に記載の単結晶インゴット製造装置は、冷却水が流通する配管系で直接的に単結晶引き上げインゴットの冷却を行うものではなく、固体である熱伝導体を介して冷却を行うものであるため、配管が破損して冷却水が漏出した場合の損害を低減することが可能となっている。
【０００６】
しかしながら、特開平８－２３９２９１号公報に記載のものでは、高い熱伝導率を有するとは言っても、熱伝導体を介することによる冷却効率の低下が決して小さくはないため、前記したＧ１及びＧ２の部分を十分に冷却することができず、かかる部分の温度勾配を的確にコントロールすることができないという問題があった。
【０００７】
本発明は以上のような課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、熱伝導体を介して冷却を行う冷却機構を備えたＣＺ法単結晶インゴット製造装置において、熱伝導体の部分を改良し、Ｇ１及びＧ２の部分の温度勾配を的確にコントロールできるようにすることを実現することにある。
【０００８】
【課題を解決するための手段】
以上のような目的を達成するために、本発明者らが鋭意研究を行った結果、「Ｇ１及びＧ２の部分」から「冷却水が流通する配管系」に向かって異方的に熱伝導をする異方性熱伝導体によって当該特定部位の冷却を行うようにすることにより、Ｇ１及びＧ２の部分の温度勾配を的確にコントロールすることができるということを見出し、本発明を完成するに至った。

【０００９】
より具体的には、本発明は以下のようなものを提供する。
【００１０】
（１） 原料の融液から単結晶インゴットを炉内で引き上げるチョクラルスキー法単結晶インゴット製造装置であって、引き上げられている単結晶インゴットを囲繞して周囲の熱から遮蔽する熱遮蔽体と、引き上げられている単結晶インゴットの特定部位の冷却を行う冷却機構と、を備えるチョクラルスキー法単結晶インゴット製造装置において、前記冷却機構は、高い熱伝導率を有する熱伝導体と、液体冷媒を流通させる配管系と、を前記熱伝導体の上部において接続したものからなり、前記熱伝導体は、その下部から上部に向かって異方的に熱伝導をする異方性熱伝導体で構成されていると共に、その下部が、冷却をしたい部位の近傍に配置されていることを特徴とするチョクラルスキー法単結晶インゴット製造装置。
【００１１】
（２） 上記記載のチョクラルスキー法単結晶インゴット製造装置において、前記異方性熱伝導体は、減圧下で所定の冷却媒体が封入された封入管からなり、前記封入管内において「引き上げられている単結晶インゴットからの放熱によってその下部で液体状態の冷却媒体が気化し、当該気化した冷却媒体がその上部で前記上側部分により冷却されて液化し、当該封入管内を落下して再び気化する」というサイクルによって冷却を行うものであることを特徴とするチョクラルスキー法単結晶インゴット製造装置。
【００１２】
（３） 上記記載のチョクラルスキー法単結晶インゴット製造装置において、前記封入管は、その上部の部分において、他の部分よりも内部からの圧力に対して弱いものであるように設定され、かつ、当該弱い部分に破損カバーを取り付けていることを特徴とするチョクラルスキー法単結晶インゴット製造装置。
【００１３】
（４） 引き上げられている単結晶インゴットから発せられる輻射熱を受けるフィンが、前記封入管の下部に取り付けられていることを特徴とする上記記載のチョクラルスキー法単結晶インゴット製造装置。なお、上記「フィン」は、装置に取りつけられる複数の封入管の間の隙間から漏れる輻射熱をキャッチして、冷却効果を向上させるものであり、そのような目的を達成できるものであればいかなるものでもよい。例えば、前記封入管の下部に団扇のように取り付けられたものでも、複数の封入管の間にスクリーン状に張られたようなものであってもよい。
【００１４】
（５） 前記配管系中の液体冷媒と前記封入管とは、互いに非接触状態で配置されていることを特徴とする上記記載のチョクラルスキー法単結晶インゴット製造装置。このようにすることで、前記封入管が万が一破裂した場合でも、それに追従して冷却機構までもが破壊されるという危険が著しく低減される。
【００１５】
（６） 上記記載のチョクラルスキー法単結晶インゴット製造装置において、前記異方性熱伝導体は、前記熱遮蔽体内に内蔵されており、その下端が単結晶に対向して露出していることを特徴とするチョクラルスキー法単結晶インゴット製造装置。
【００１６】
（７） 上記記載のチョクラルスキー法単結晶インゴット製造装置において、前記熱遮蔽体内に内蔵された前記異方性熱伝導体は、層状グラファイトであることを特徴とするチョクラルスキー法単結晶インゴット製造装置。
【００１７】
（８） 上記記載のチョクラルスキー法単結晶インゴット製造装置において、前記熱遮蔽体内に内蔵された前記異方性熱伝導体は、光熱反射材で構成された内壁を備える空洞であることを特徴とするチョクラルスキー法単結晶インゴット製造装置。ここで、「光熱反射材」というのは、例えばミラーのような光学反射部材のことである。

【００１８】
（９）　チョクラルスキー法単結晶インゴット製造装置内で引き上げられている単結晶インゴットの特定部位の冷却を行う方法であって、当該特定部位から所定の方向に異方的に熱伝導をする異方性熱伝導体により当該特定部位の冷却を行う方法。
【００１９】
［本発明の適用対象等］
一般に、Ｇ１（界面近傍の温度勾配）及びＧ２（欠陥形成温度領域の温度勾配）については、前述したような温度範囲が報告されており、現時点では、得られる単結晶の品質を良好にするために重点的に温度勾配のコントロールをしなければならない部位と認識されているが、本発明は、Ｇ１及びＧ２以外にそのような部位が発見された場合には、当該部位に対しても適用することができる。即ち、本発明においては、冷却機構の下部を冷却したい部位にまで移動させることが自在に行えるため、「引き上げられている単結晶インゴットの特定部位」に対して冷却を行うようにするのはきわめて容易であるので、冷却あるいは温度勾配制御の対象となる部位はＧ１及びＧ２に限られず、Ｇ１及びＧ２以外にそのような部位が発見された場合には、当該部位に対しても適用できるのである。
【００２０】
また、これに関連し、本発明の対象となる単結晶インゴットはシリコンインゴットに限られない。即ち、「引き上げられている単結晶インゴットの特定部位」は、例えばの場合にはＧ１及びＧ２について前述のような温度範囲の報告がなされているが、これはシリコン特有のものであり、他の半導体の単結晶にはそれ固有の特定部位が存在する。そして、当該特定部位については、任意に測定が可能であり、その測定結果に基づいて冷却すべき位置を定めればよいことになるため、本発明の対象となる単結晶インゴットがシリコンインゴットに限られないことは明らかである。
【００２１】
「熱遮蔽体」は、原料融液液面からの輻射熱や炉内のヒーターからの放熱を遮蔽するために炉内に設置されるものであるが、これは炉内に流されるガスの流れを整流する働きもする。ここで、もしガスの整流が主目的であったとしても、結果として融液液面やヒーターからの熱を何らかの形で遮蔽しているものであれば、本発明に係る熱遮蔽体として機能するのに十分であるから、何らかの形で熱遮蔽を行うものである限り、本発明における「熱遮蔽体」の概念に含まれる。
【００２２】
【発明を実施するための形態】
［全体構成］
図１は、本発明に係るシリコン単結晶インゴット製造装置の好適な実施形態を示すブロック図である。また、図２は、本発明の要部を説明するためのブロック図であり、図３は、図２のＡで囲った部分を拡大して示した要部拡大図であり、本発明において用いられる破損カバーの実施形態を示すものである。
【００２３】
図１に示されるように、本発明に係るシリコン単結晶インゴット製造装置は、通常のＣＺ法シリコン単結晶インゴット製造装置と同様に、密閉容器たるチャンバー１１内に、シリコン融液１２の製造・貯蔵のためのルツボ１３と、シリコンインゴット１７を囲繞し、シリコン融液１２等からシリコンインゴット１７への熱の輻射を遮蔽するための熱遮蔽体１８と、この熱遮蔽体１８の内側に配置されたクーラー１９と、を備えている。
【００２４】
なお、本発明に係るシリコン単結晶インゴット製造装置は、この他にも、通常のＣＺ法シリコン単結晶インゴット製造装置と同様に、ルツボ１３を加熱するためのヒータや、ルツボ１３を昇降させる昇降装置、その他断熱材などが備え付けられているが、本発明の本質とは無関係であり、本発明のポイントを分かりやすく説明するのに不要であるため図示していない。
【００２５】

［ヒートパイプを使用した冷却機構］
図２から明らかなように、本発明において特徴的なことは、クーラー１９の一部にいわゆるヒートパイプを使用していることである。ヒートパイプは、「減圧下で所定の冷却媒体が封入された封入管からなり、前記封入管内において「引き上げられている単結晶インゴットからの放熱によってその下部で液体状態の冷却媒体が気化し、当該気化した冷却媒体がその上部で前記上側部分により冷却されて液化し、当該封入管内を落下して再び気化する」というサイクルによって冷却を行うもの」であり、この実施の形態においては古河電気工業株式会社製のものを使用している。また、ヒートパイプ１９ｂは、図１(ｂ)に示されるように、シリコンインゴット１７の周囲を囲繞するように配置されており、その上部は、冷却部１９ａと接続されている。この実施の形態において、冷却部１９ａは、冷却水が流通される配管系（液体冷媒を流通させる配管系）で構成している。

【００２６】
ここで、ヒートパイプはその長さ方向には熱を極めて良好に伝導するので（銀の約１０００倍）、図１(ｂ)に示されるように、シリコンインゴット１７の周囲を囲繞するようにヒートパイプ１９ｂを配置した場合には、シリコンインゴット１７の周方向には熱を殆ど伝えない一方で、上下方向には極めて良好に熱伝導をする。そして、こうした異方性熱伝導により、冷却部１９ａに対して効率良く熱を伝達できることとなる。

【００２７】
このため、この実施の形態に係るシリコン単結晶インゴット製造装置によれば、目的の場所を効果的に冷却することができ、この冷却効果により、引き上げられているシリコンインゴット１７の特定部位の温度勾配のコントロールを的確に行うことができる。

【００２８】
加えて、この実施の形態に係るシリコン単結晶インゴット製造装置では、冷却部１９ａによる冷却を、ヒートパイプを介して行うようにしているので、万が一ヒートパイプ１９ｂが破裂してしまった場合でも、ヒートパイプ自体に収容されている液体の量が極微量のため、破裂による被害が少なくて済む。また、冷却部１９ａの配管に破損が生じて冷却水が漏出した場合でも、冷却部１９ａは炉の外部にあるため、クーラー１９を全て配管で構成した場合と比較して、損害が小さくなる。

【００２９】
［安全機構］
本実施の形態に係るシリコン単結晶インゴット製造装置においては、ヒートパイプ１９ｂが破裂した場合の安全策として、ヒートパイプ１９ｂの上部の部分を他の部分よりも内部からの圧力に対して弱いものとし、同時に、当該弱いものとした部分に破損カバー１９ｃを取り付けている。このようにすることで、万が一ヒートパイプ１９ｂが破裂してしまったような場合には、上部の弱い部分が破裂することとなり、その場合には、当該破裂が破損カバー１９ｃによって受け止められることとなるので、被害が最小限に抑えられる。

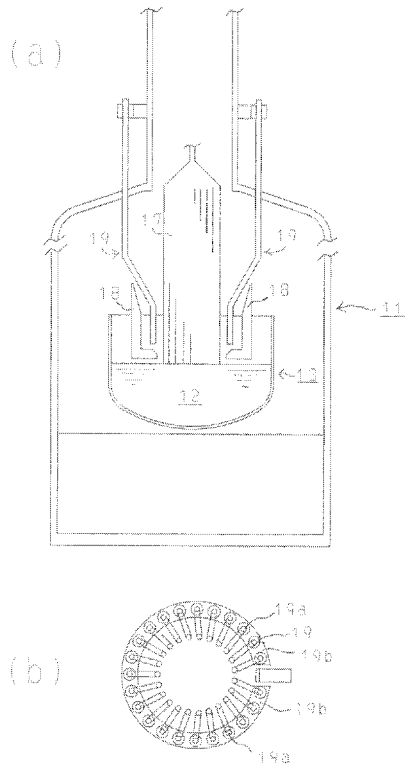
【００３０】
この安全機構に関し、この実施の形態によれば、図３に示されるように、冷却部１９ａを構成する冷却ジャケットの部分は、液体冷媒がヒートパイプ１９ｂに直接接触をしないで冷却ジャケットの壁を通じて冷却する構造になっている。このようにすることにより、万が一にヒートパイプ１９ｂが破裂した場合でも、冷却ジャケット内の液体冷媒の漏出は防ぐことができる。

【００３１】
［冷却効果を高めるためのフィン］
本実施の形態に係るシリコン単結晶インゴット製造装置においては、図４に示されるように、ヒートパイプ１９ｂの下部に、シリコンインゴット１７からの輻射熱を受けるフィン２０を設けるのが好ましい。このようなフィン２０を設けることにより、シリコンインゴット１７から発せられた輻射熱がフィン２０にキャッチされ、当該キャッチされた輻射熱が漏れなく冷却部１９ａへと伝えられることとなるので、フィン２０が設けられた分だけ冷却効果が高まることとなる。

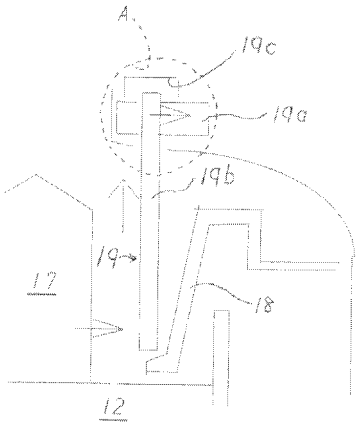
【００３２】
なお、ヒートパイプ１９ｂの上部の部分を他の部分よりも弱くする方法としては、その部分の肉厚を薄くしたり、破裂をしやすいような形状に加工したりするなどの方法が挙げられる。しかしながら、ヒートパイプ１９ｂの上部の部分を弱くするための方法は、これらに限られるものではなく、特定部位の弱体化のために当業者が通常行い得るいかなる方法も採用することができる。
【００３３】
［ヒートパイプ以外のものを使用した冷却機構］
図５は、本発明に係るチョクラルスキー法単結晶インゴット製造装置の他の実施態様を示す図である。この実施態様では、異方性熱伝導体として層状グラファイトが採用され、それは熱遮蔽体１８内に内蔵されている形態を構成している。即ち、この実施態様によれば、薄層の断熱部材１８ａにより層状グラファイト１８ｂが挟みこまれることによって熱遮蔽体１８が構成されている。そして、層状グラファイト１８ｂの下端はシリコンインゴット１７の特定部位に対向するように露出され、その上端は冷却部１９ａに接続されている。
【００３４】
ここで、層状グラファイトは、それ自体が異方的に熱を伝導するため、熱遮蔽体１８の下端から上端に向かって良熱伝導を示すように構成をすれば、先のヒートパイプを使用した実施形態と同様の効果を得ることができる。
【００３５】
一方、図６は、熱遮蔽体１８を、内側が鏡面１８ｄとされた一対の鏡面体１８ｃで構成した実施の形態を示すブロック図である。この実施の形態によっても、熱遮蔽体１８下端の開口１８ｅから進入した光(熱)が、鏡面１８ｄを反射して冷却部１９ａに至ることとなるものであり、上述した実施の形態と同様の効果を得ることができる。
【００３６】
【発明の効果】
以上説明したように、本発明に係る単結晶インゴット製造装置によれば、熱伝導体を介して冷却を行う冷却機構を備えたＣＺ法単結晶インゴット製造装置において、熱伝導体の部分を改良したことにより、引き上げ中の単結晶インゴットの所望の部位を効果的に冷却することができ、当該部位の温度勾配を的確にコントロールすることができるようになる。
【図面の簡単な説明】
【図１】　本発明に係るシリコン単結晶インゴット製造装置の好適な実施形態を示すブロック図である。
【図２】　本発明の要部を説明するためのブロック図である。
【図３】　図２のＡで囲った部分を拡大して示した要部拡大図であり、本発明において用いられる破損カバーの実施形態を示すブロック図である。
【図４】　ヒートパイプの下部に団扇状のフィンを取り付けた場合の実施形態を示す図である。
【図５】　本発明の別の実施形態を示すブロック図である。
【図６】　本発明の更に別の実施形態を示すブロック図である。
【符号の説明】
１１　チャンバー
１２　シリコン融液
１３　ルツボ
１７　シリコンインゴット
１８　熱遮蔽体
１８ａ　薄層の断熱部材
１８ｂ　層状グラファイト
１８ｃ　鏡面体
１８ｄ　鏡面

１８ｅ　熱遮蔽体１８下端の開口
１９　クーラー
１９ａ　冷却部（冷却水が流通される配管系）
１９ｂ　ヒートパイプ
１９ｃ　破損カバー
２０　フィン

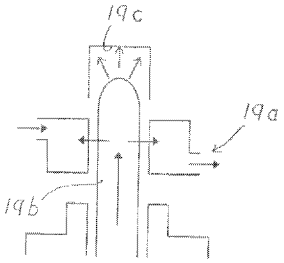
【図１】



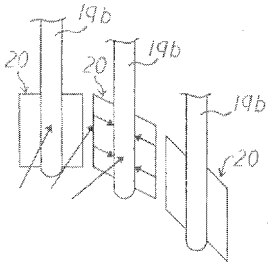
【図２】



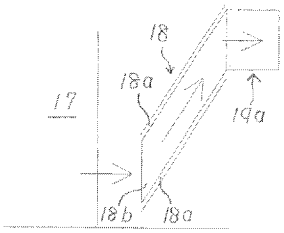
【図３】


19c
19a
19b

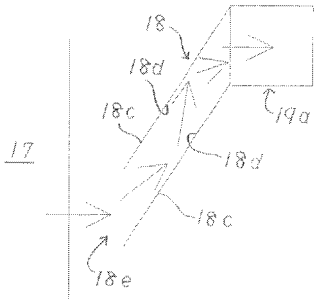
【図４】


19b
20
19b
20
19b
20

【図５】


18
18a
17
19a
18b
18a

【図６】


18
18d
18c
19a
17
18d
18c
18e

フロントページの続き

(72)発明者　三村　和弘
神奈川県平塚市万田１２００番地　株式会社小松製作所内
(72)発明者　琴岡　敏朗
神奈川県平塚市四之宮２６１２番地　コマツ電子金属株式会社内

審査官　田中　則充

(56)参考文献　特開平０４－１３００８４（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－２３９２９１（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－０８２０８４（ＪＰ，Ａ）
特開昭６２－１７６９８２（ＪＰ，Ａ）

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