

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4734139号
(P4734139)

(45) 発行日 平成23年7月27日(2011.7.27)

(24) 登録日 平成23年4月28日(2011.4.28)

(51) Int.Cl.		F I		
GO1C 3/06	(2006.01)	GO1C 3/06	I I O A	
GO1S 17/48	(2006.01)	GO1S 17/48		
GO1F 23/28	(2006.01)	GO1F 23/28	J	
C3OB 15/26	(2006.01)	C3OB 15/26		

請求項の数 2 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2006-50299 (P2006-50299)	(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
(22) 出願日	平成18年2月27日(2006.2.27)	(74) 代理人	100071054 弁理士 木村 高久
(65) 公開番号	特開2007-223879 (P2007-223879A)	(74) 代理人	100106068 弁理士 小幡 義之
(43) 公開日	平成19年9月6日(2007.9.6)	(72) 発明者	林田 寿男 神奈川県平塚市四之宮三丁目25番1号 コマツ電子金属株式会社内
審査請求日	平成21年1月13日(2009.1.13)	(72) 発明者	三谷 直司 神奈川県平塚市四之宮三丁目25番1号 コマツ電子金属株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 位置測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光源と受光器とを備え、前記光源から出射した出射光をチョクラルスキー炉内の融液液面に投射し、この融液液面で反射した反射光を前記受光器で受光し、三角測量の原理に基づいて、前記融液液面の液面レベルを測定する位置測定方法において、

前記チョクラルスキー炉内部の単結晶の外側に熱遮蔽物が配置され、

前記光源から出射した前記出射光を、前記熱遮蔽物と前記単結晶との間を介して前記熱遮蔽物の下端部の内周側面に入射させ、前記熱遮蔽物の前記下端部内周側面で反射した反射光を前記融液液面に投射し、前記融液液面で反射した反射光を、前記受光器で受光するか、または、

前記光源から出射した前記出射光を、前記熱遮蔽物と前記単結晶との間を介して前記融液液面に投射し、前記融液液面で反射した反射光を、前記熱遮蔽物の前記下端部内周側面に入射させ、前記熱遮蔽物の前記下端部内周側面で反射した反射光を、前記受光器で受光すること

を特徴とする位置測定方法。

【請求項2】

回転ミラーを回転させて、前記光源から出射した前記出射光をチョクラルスキー炉内のるつぼの径方向にスキャンすることで、前記出射光を、前記熱遮蔽物と前記単結晶との間を介して前記熱遮蔽物の前記下端部内周側面に入射させるか、または、前記出射光を、前記熱遮蔽物と前記単結晶との間を介して前記融液液面に投射し、前記融液液面で反射した反

射光を、前記熱遮蔽物の前記下端部内周側面に入射させるようにすること
を特徴とする請求項 1 記載の位置測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、三角測量の原理に基づいた位置測定方法に関し、特にチョコラルスキー法による単結晶引上装置内の原料熔融液の液面レベルを測定する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

チョコラルスキー法（以下CZ法という）は、るつぼ内のシリコン等の原料融液から単結晶インゴットを育成しながら引き上げる方法である。単結晶の育成を制御性よく行うためには原料熔融液の液面レベル（以下メルトレベルという）を的確に測定し、その位置を単結晶育成にあわせて調整する必要がある。

【0003】

特に、CZ法によるシリコン単結晶引上げ装置においては、通常、ヒータおよびシリコン融液からの熱輻射を制御するとともに、CZ炉内に導入されるガスを整流するために熱遮蔽物が設けられている。

【0004】

この熱遮蔽物の下面とメルトレベルの相対的位置（すなわち両者間の距離）を制御することによって、引き上げる単結晶の熱履歴や不純物濃度（酸素濃度等）を一定にすることができる。

【0005】

そこで従来、メルトレベル測定法がいくつか提案されている。

【0006】

下記特許文献 1 には、三角測量の原理に基づいて、融液液面の揺れにより定常的に生じる液面形状を利用し、それを一種の反射体として機能させて的確なメルトレベル測定を行う方法が開示されている。以下、この測定方法を直接反射法という。

【0007】

図 7 は、直接反射法によるレーザー光の軌跡を説明するための図である。図 7 (a) はレーザー光の軌跡を側面 (X - Y 面) から見た模式図であり、図 7 (b) はレーザー光の軌跡を正面 (X - Z 面) から見た模式図である。なお、図 7 (a) において、回転ミラー 9 とプリズム 1 1 によりレーザー光が案内されるが、図 7 (b) では、Y 軸方向のレーザー光の軌跡は紙面に垂直な方向であるため、回転ミラー 9 とプリズム 1 1 は省略している。また、説明を簡単にするために、三角測量に本質的でない部品については省略している。

【0008】

図 7 (a) 、 (b) において、CZ 炉 1 内に設けられたるつぼ 2 の内部にシリコン原料 3 が融解されており、シリコン単結晶 4 が図の上方に回転しながら引上げ育成されている。シリコン単結晶 4 の外側には熱遮蔽物 5 が配置されている。熱遮蔽物 5 の下端部の内周とシリコン単結晶 4 の周壁との間隔を D とし、また、熱遮蔽物 5 の下面 6 と融液液面 7 との間隔を L とする。

【0009】

上記発明では、融液液面 7 のメルトレベルを測定するために、三角測量を原理とした距離測定ユニット 8 が採用されている。

【0010】

図 7 (b) において、距離測定ユニット 8 の内部には、レーザー光を投射するレーザー光源 1 2 および反射してきた戻り光を受光する受光器 1 3 が設けられている。受光器 1 3 内には入射してきたレーザー光を集光するレンズ 1 3 a および集光したレーザー光を検出する 1 次元 CCD センサ 1 3 b が配置されている。

【0011】

距離測定ユニット 8 から出射されたレーザー光は回転ミラー 9 で反射され、入射窓 1 0 を

10

20

30

40

50

透過して、C Z 炉 1 内に設置されたプリズム 1 1 を経由して、融液液面 7 に投射される。

【 0 0 1 2 】

ここで、回転ミラー 9 を左右に回転 (図の矢印 S 1) して、融液液面 7 のレーザ光の投射位置をるつぼ 3 の径方向 (図の矢印 S 2) にスキャンすることにより、融液液面 7 で反射させた戻り光を、プリズム 1 1、入射窓 1 0、回転ミラー 9 を経由して、所定の頻度で受光器で受光させている。このように、直接反射法では、レーザ光源から出射したレーザ光は、融液液面 7 に直接投射され、融液液面 7 で反射された戻り光は直接受光器 1 3 で受光される。

【 0 0 1 3 】

融液液面 7 のメルトレベルが A 1 の位置の場合、融液液面 7 で反射されたレーザ光は、1 次元 C C D センサ 1 3 の測定座標 X 1 で検出される。すなわち、1 次元 C C D センサ 1 3 の測定座標 X 1 はメルトレベル A 1 に対応する。同様に、メルトレベルが A 2 の位置の場合、融液液面 7 で反射されたレーザ光は、1 次元 C C D センサ 1 3 の測定座標 X 2 で検出される。すなわち、1 次元 C C D センサ 1 3 の測定座標 X 2 はメルトレベル A 2 に対応する。このようにして、三角測量の原理に基づいて、1 次元 C C D センサ 1 3 が検出した測定座標からメルトレベルを計算することができる。

【 0 0 1 4 】

図において融液液面 7 へのレーザ光の入射角度および反射角度 (ともに角度 1) を大きくして示してあるが、実際には角度 1 は数度程度の小さな角度である。このことは他の場合においても同様である。

【 0 0 1 5 】

直接反射法は融液液面に生じる液面形状を反射体として利用するものであり、融液のまわりに磁場を印加しない単結晶引き上げの場合に適した方法である。また距離 L が大きくても小さくても測定が可能である。また戻り光が融液液面 7 からの直接反射光であるため、レーザパワーは小さくてもよい。

【 0 0 1 6 】

下記特許文献 2 には、レーザ光源から出射したレーザ光を、熱遮蔽物の下面で 1 回散乱させるとともに、融液液面で 2 回反射させることによりメルトレベルを測定する方法が開示されている。以下、この測定方法を折り返し反射法という。折り返し反射法の場合、2 回の反射と 1 回の散乱を効率よく利用するため、融液に対する磁場印加によって融液液面の凹凸を消失させておく、つまり滑らかにしておく必要がある。

【 0 0 1 7 】

図 8 は、折り返し反射法による位置測定方法を説明するための図である。

【 0 0 1 8 】

図 8 (a) はレーザ光の軌跡を側面 (X - Y 面) から見た模式図であり、図 8 (b) はレーザ光の軌跡を正面 (X - Z 面) から見た模式図である。なお、図 8 (a) において、回転ミラー 9 とプリズム 1 1 によるレーザ光が案内されるが、図 8 (b) では、Y 軸方向のレーザ光の軌跡は紙面に垂直な方向であるため、回転ミラー 9 とプリズム 1 1 は省略している。また、説明を簡単にするために、三角測量に本質的でない部品については省略している。

【 0 0 1 9 】

図 8 (b) において、距離測定ユニット 8 の内部には、レーザ光を投射するレーザ光源 1 2 および反射してきた戻り光を受光する受光器 1 3 が設けられている。受光器 1 3 内には入射してきたレーザ光を集光するレンズ 1 3 a および集光したレーザ光を検出する 1 次元 C C D センサ 1 3 b が配置されている。

【 0 0 2 0 】

図 8 (a)、(b) において、レーザ光源 1 2 から出射されたレーザ光は、回転ミラー 9 およびプリズム 1 1 で反射され、融液液面 7 に投射される。投射されたレーザ光は融液液面 7 (メルトレベル A 4) で反射され、その反射光は、融液液面 7 の上方に設けられた熱遮蔽物 5 の下面 6 に投射される。投射されたレーザ光は熱遮蔽物の下面 6 の散乱点 6 a

10

20

30

40

50

で散乱され、散乱された散乱光は再び融液液面 7 に投射される。投射されたレーザー光は融液液面 7 で再び反射され、この反射光が最終的に受光器 1 3 で受光される。

【 0 0 2 1 】

すなわち、受光器 1 3 で受光するレーザー光は、熱遮蔽物の下面 6 の散乱点 6 a から融液液面 7 に投射されたレーザー光の反射光であり、受光器 1 3 から見ると、見かけ上の反射面上の散乱点 3 a から出射されたレーザー光として検出される。

【 0 0 2 2 】

図 8 (b) の X - Z 面において、レーザー光の入射角と反射角は常に同じ値であり、簡単な幾何学的考察から、見かけ上の反射面上の散乱点 3 a と熱遮蔽物 5 の下面 6 の散乱点 6 a とは、実際のメルトレベル A 4 に対して折り返した位置関係 (鏡面関係) にある。見かけ上の反射面を以下ではメルトレベル A 3 という。図 8 (b) には、見かけ上のレーザー光の軌跡の理解を助けるために、熱遮蔽物 5 を実際のメルトレベル A 4 で折り返した見かけ上の熱遮蔽物 5 b の配置も点線で描いてある。したがって、熱遮蔽物 5 の下面 6 と見かけ上のメルトレベル A 3 との間隔は $2L$ である。

【 0 0 2 3 】

熱遮蔽物 5 の下面 6 の位置は、たとえば熱遮蔽物 5 の下端部の上面 9 の位置を測定して求めることができる。図 8 において、熱遮蔽物 5 の下端部の上面 9 のレーザー光の反射点 9 a の位置は 1 次元センサの測定座標 X_9 に対応している。上面 9 と下面 6 との距離 M は前もって測定してあるとすれば、測定座標 X_9 と

距離 M から熱遮蔽物の下面 6 の位置を求めることができる。

【 0 0 2 4 】

間隔 L は、熱遮蔽物の下面 6 の位置と見かけ上のメルトレベル A 3 との相対距離 $2L$ の半分の値として求めることができる。また、実際のメルトレベル A 4 の値は、見かけ上のメルトレベル A 3 より間隔 L だけ上方の値として求めることができる。

【 0 0 2 5 】

折り返し反射法の場合、熱遮蔽物で散乱された散乱光を用いる構成であるため、受光器で受光する受光確率が高い利点がある。

【特許文献 1】特開 2 0 0 0 - 2 6 4 7 7 9 号公報

【特許文献 2】W O 0 1 / 0 8 3 8 5 9 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 2 6 】

特許文献 1 の直接反射法の場合、メルトレベルの測定値のばらつきを抑えるために所定の測定頻度 (単位時間あたりの測定回数) でメルトレベルを測定しておく必要がある。

【 0 0 2 7 】

ところが、直接反射法の場合、融液液面の常時変化する液面形状を反射体として利用することから、反射体からの直接反射光を安定して受光することができず、したがって測定頻度をあまり高くすることができない。そのため測定値のバラツキが大きくなり、安定した測定を行えないという問題がある。

【 0 0 2 8 】

また、引き上げる単結晶の直径を大きく設定した場合、間隔 D の値が小さくなるため、引き上げる単結晶側面に生じるメニスカスの影響が大きくなってしまふ。そのため、融液液面で反射する反射光が受光器に戻らなくなり、測定頻度が零になるという問題がある。

【 0 0 2 9 】

また、融液に対する磁場印加によって融液液面を滑らかにした場合には、液面形状を反射体として利用できないため、るつぼ径方向に対してレーザー光をスキャンさせても、レーザー反射光が受光器へ導かれる位置を探すことが困難になるという問題がある。

【 0 0 3 0 】

特許文献 2 の折り返し反射法の場合、戻り光が散乱光であるため、測定頻度を高くすることができるが、熱遮蔽物の下面で散乱させた散乱光の強度が弱く、また融液液面で 2 回

10

20

30

40

50

レーザー光が反射することから、最終的に受光器で受光するレーザー光の強度が弱くなってしまふという問題がある。これを回避するためにレーザー光のパワーを上げると安全性の点で問題になる。

【0031】

また、直接反射法と同様に、折り返し反射法においても、間隔Dの値を小さくした場合、熱遮蔽物の下面でレーザー光を散乱させる構成のために、反射光を受光器へ導くことができなくなる。

【0032】

また、単結晶の品質を制御するために、間隔Lの値を小さくした場合、熱遮蔽物の下面でレーザー光を散乱させる構成のために、反射光を受光器へ導くことができなくなる。

10

【0033】

さらに、折り返し反射法の場合、融液液面を滑らかにするために磁場印加が必須であり、また、実際のメルトレベルA4の位置を求めるための測定および計算の手間がかかるという問題がある。

【0034】

本発明は以上のような問題に鑑みてなされたものであり、その目的は、CZ法による単結晶引上げにおいて、単結晶の品質のばらつきを低減し、かつ、高品質の単結晶を安定して育成するために、引上げる単結晶とCZ炉内部材の間隔および前記CZ炉内部材とるつぼ内の融液液面の間隔が小さい場合、あるいは磁場印加を行った場合において、前記融液液面のメルトレベルおよびメルトレベルと前記炉内部材の所定面との距離を簡易に測定できる方法を提供することである。

20

【課題を解決するための手段】

【0035】

以上のような目的を達成するために、第1発明においては、光源と受光器とを備え、前記光源から出射した出射光を測定箇所へ投射し、前記測定箇所へ反射した反射光を前記受光器で受光し、三角測量の原理に基づいて、前記測定箇所の位置を測定する位置測定方法において、

前記測定箇所近傍に部材を設け、

前記出射光を、前記部材により反射させ、反射させた反射光を前記測定箇所へ投射し、前記測定箇所へ反射した反射光を前記受光器で受光するか、または前記出射光を前記測定箇所へ投射し、前記測定箇所へ反射した反射光を、前記部材により反射させ、反射させた反射光を前記受光器で受光すること

30

を特徴としている。

【0036】

第2発明は、光源と受光器とを備え、前記光源から出射した出射光をチヨクラルスキー炉内のるつぼの融液液面に投射し、前記融液液面で反射した反射光を前記受光器で受光し、三角測量の原理に基づいて前記融液液面の液面レベルの測定を行う位置測定方法において、

前記融液液面近傍に部材を設け、

前記出射光を、前記部材により反射させ、反射させた反射光を前記融液液面に投射し、前記融液液面で反射した反射光を前記受光器で受光するか、または前記出射光を前記融液液面に投射し、前記融液液面で反射した反射光を、前記部材により反射させ、反射させた反射光を前記受光器で受光すること

40

を特徴としている。

【0037】

第1発明および第2発明を、図1を用いて説明する。

【0038】

図1(a)、(b)において、三角測量の原理に基づいたメルトレベルの位置測定を行うために、レーザー光源12および受光器13で構成される距離測定ユニット8が用いられる。レーザー光源12から出射したレーザー光を、回転ミラー9、プリズム11を用いて熱遮

50

蔽物 5 の側面 5 a に案内し、熱遮蔽物 5 の側面 5 a で反射させてから融液液面 7 に投射し、融液液面 7 で反射した反射光を受光器 1 3 内の 1 次元 CCD センサ 1 3 b で受光する。あるいは、レーザ光をまず融液液面 7 に投射し、融液液面 7 で反射した反射光を熱遮蔽物 5 の側面 5 a で反射させ、その後、複数の光学素子を通過させ、最後に 1 次元 CCD センサ 1 3 b で受光している。

【 0 0 3 9 】

図 1 (b) によれば、正面 (X - Z 面) からみたレーザ光の軌跡は熱遮蔽物 5 の側面 5 a の反射により X - Z 面内では角度変更しないので、三角測量の原理によりメルトレベル (X 軸方向の高さ) を測定することができる。

【 0 0 4 0 】

第 3 発明は、第 2 発明において、前記部材は、チヨクラルスキー炉内に設けた熱遮蔽体であることを特徴としている。

【 0 0 4 1 】

図 1 および図 3 において、CZ 法の引上げ単結晶装置に使用される熱遮蔽物 5 は、融液液面 7 近傍に配置される部材であることから、本発明の好適な反射部材として利用することができる。

【 0 0 4 2 】

第 4 発明は、第 2 発明において、前記部材は、チヨクラルスキー炉内に設けたクーラーパイプまたはパージチューブまたは炉内側面部材であることを特徴としている。

【 0 0 4 3 】

図 1 および図 3 において、熱遮蔽物を反射部材とするかわりに、融液液面 7 の近傍に配置されたクーラーパイプ、パージチューブまたは炉内側面部材などを反射部材として用いることもできる。

【 発明の効果 】

【 0 0 4 4 】

第 1 発明によれば、測定箇所近傍の部材を用いて、戻り光を散乱光にすることで安定した位置測定を行うことが可能となる。

【 0 0 4 5 】

第 2 発明によれば、測定箇所近傍の部材を用いて、戻り光を散乱光にすることで測定頻度を高くすることができ、またレーザパワーを大きくする必要がない。また、間隔 D および間隔 L が小さい場合でも、比較的安定してメルトレベルおよび間隔 L を測定することができる。

【 0 0 4 6 】

第 3 発明によれば、融液液面 7 の近傍に配置した熱遮蔽物 5 の側面 5 a を反射部材として用いることができるので、低角度反射を行うことが容易になる。

【 0 0 4 7 】

第 4 発明によれば、融液液面 7 の近傍に配置されたクーラーパイプ、パージチューブまたは炉内側面部材などを反射部材として用いることができるので、CZ 炉内において低角度反射を行う場合に、適宜選択してより好適な条件で適用することができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 4 8 】

以下、本発明の位置測定方法の実施例について図を参照しながら説明する。

【 0 0 4 9 】

なお、以下の実施例では光源として赤色レーザ光を用いているが、煩雑なため単にレーザ光として説明する。

【 実施例 1 】

【 0 0 5 0 】

図 1 は、本発明の実施例 1 の位置測定方法を説明するための図である。図 1 (a) は、実施例 1 のレーザ光の軌跡を側面 (X - Y 面) から見た模式図である。図 1 (b) は、実施例 1 のレーザ光の軌跡を正面 (X - Z 面) から見た模式図である。なお、図 1 (a) に

10

20

30

40

50

において、回転ミラー 9 とプリズム 11 によりレーザー光が案内されるが、図 1 (b) では、Y 軸方向のレーザー光の軌跡は紙面に垂直な方向であるため、回転ミラー 9 とプリズム 11 は省略している。また、説明を簡単にするために、三角測量に本質的でない部分については省略している。

【 0 0 5 1 】

図 1 (a)、(b) において、C Z 炉 1 内に設けられたるつぼ 2 の内部にシリコン原料 3 が融解されており、シリコン単結晶 4 が図の上方に回転しながら引上げ育成されている。シリコン単結晶 4 の外側には熱遮蔽物 5 が配置されている。熱遮蔽物 5 の下部の内周とシリコン単結晶 4 の周壁との間隔を D とし、また、熱遮蔽物 5 の下面 6 と融液液面 7 との間隔を L とする。

10

【 0 0 5 2 】

融液液面 7 のメルトレベル A 1 を測定するために、三角測量を原理とした距離測定ユニット 8 が採用されている。この距離測定ユニット 8 の内部には、レーザー光を融液液面 7 に投射するレーザー光源 1 2 と融液液面 7 から反射してきたレーザー光を受光する受光器 1 3 とが備えられている。受光器 1 3 内には入射してきたレーザー光を集光するレンズ 1 3 a および集光したレーザー光を検出する 1 次元 C C D センサ 1 3 b が配置されている。

【 0 0 5 3 】

距離測定ユニット 8 から出射されたレーザー光は回転ミラー 9 で反射され、入射窓 1 0 を透過して、C Z 炉 1 内に設置されたプリズム 11 を経由して、直接融液液面 7 に投射される。

20

【 0 0 5 4 】

融液液面 7 で反射した反射光は、融液液面 7 近傍に設けられた熱遮蔽物 5 の側面 5 a において、側面方向に対しほぼ平行な入射に近い 0 . 5 度以下の低角度で入射され、次に同じ低角度で反射された反射光は、プリズム 11、入射窓 1 0、回転ミラー 9 で案内され受光器 1 3 で受光される。

【 0 0 5 5 】

なお、熱遮蔽物 5 の側面 5 a にレーザー光を確実に入射させるために、回転ミラー 9 を適宜回転させてもよい。たとえば回転ミラー 9 により、C Z 炉内のるつぼの径方向にスキャンすることができる。また、前もって回転ミラー 9 を固定して正確にアライメントしておいてもよい。

30

【 0 0 5 6 】

図 1 (b) の X - Z 面において、レーザー光源 1 2 から融液液面 7 に入射角度 θ_1 で投射されたレーザー光は、反射角度 θ_1 で反射される。また図 1 (a) の X - Y 面において、融液液面 7 で反射したレーザー光は、一旦、熱遮蔽物 5 の側面 5 a において、側面方向に対しほぼ平行な入射に近い 0 . 5 度以下の低角度で反射せられる。側面 5 a の反射において、X - Z 面における角度変更はされず、Y 軸方向の角度のみ変更される。レーザー光は X - Z 面において角度 θ_1 を保ったまま 1 次元 C C D センサ 1 3 b に向かって進み、測定座標 X 1 で検出される。メルトレベル A 1 は 1 次元 C C D センサ 1 3 b の測定座標 X 1 に対応している。

【 0 0 5 7 】

40

以上のように、図 1 (b) によれば、熱遮蔽物の側面 5 a による反射によって、X - Z 面におけるレーザー光の角度変更はない。よって、X - Z 面における三角測量を行うことで、X 軸方向の高さ位置、すなわち、メルトレベルを測定することが可能になる。

【 0 0 5 8 】

なお、本発明における「側面」とは、垂直面に対して 0 . 5 度以上傾斜していない面を意味する。

【 0 0 5 9 】

図 2 は、実施例 1 のレーザー光の軌跡を上面 (Y - Z 面) から見た模式図である。

【 0 0 6 0 】

図 2 において、レーザー光源 1 2 から出射し、融液液面 7 の反射点 7 a で反射されたレー

50

ザ光は、熱遮蔽物 5 の側面 5 a で反射され、Y 軸方向の角度変更が行われる。角度変更されたレーザー光は、最後に 1 次元センサ 1 3 b により測定座標 X 1 で受光される。よって、角度変更されたレーザー光を受光するために、受光位置におけるレーザー光の偏移距離は 1 次元 CCD センサ 1 3 b の Y 軸方向の幅 W より小さくする必要があり、前もって計算あるいは実験により確認しておく。

【実施例 2】

【0061】

図 3 は、本発明の実施例 2 の位置測定方法を説明するための図である。図 3 (a) は、実施例 2 のレーザー光の軌跡を側面 (X - Y 面) から見た模式図である。図 3 (b) は、実施例 2 のレーザー光の軌跡を正面 (X - Z 面) から見た模式図である。実施例 1 と異なるのはレーザー光の軌跡であり、基本的な構成は図 1 (a)、(b) と同じである。

10

【0062】

レーザー光源 1 2 から X - Z 面の入射角度 θ_1 で出射されたレーザー光は、まず熱遮蔽物の側面 5 a で反射され、反射された反射光は次に融液液面 7 に投射される。このとき X - Z 面のレーザー光の角度は変化せず、Y 軸方向のレーザー光の角度のみ変更される。すなわち、融液液面 7 に投射されるレーザー光の X - Z 面の入射角度は θ_1 である。レーザー光は融液液面 7 の反射点 7 a で反射され、その後 1 次元 CCD センサ 1 3 b に進み、メルトレベル A 1 に対応する測定座標 X 1 で検出される。

【0063】

なお、熱遮蔽物 5 の側面 5 a にレーザー光を確実に入射させるために、回転ミラー 9 を適宜回転させてもよい。たとえば回転ミラー 9 により、C Z 炉内のるつぼの径方向にスキャンすることができる。また、前もって回転ミラー 9 を固定して正確にアライメントしておいてもよい。

20

【0064】

図 3 (b) によれば、X - Z 面におけるレーザー光の角度変更はない。よって、X - Z 面における測定に基づいて三角測量を行うことで、X 軸方向の高さ位置、すなわち、メルトレベルを測定することが可能になる。メルトレベル A 1 は 1 次元 CCD センサ 1 3 b の測定座標 X 1 により求めることができる。

【0065】

図 4 はレーザー光の軌跡を上面 (Y - Z 面) から見た模式図である。

30

【0066】

図 4 において、レーザー光源 1 2 から出射したレーザー光は、熱遮蔽物 5 の側面 5 a で反射され、Y 軸方向の角度変更が行われる。角度変更したレーザー光は融液液面 7 に投射され、融液液面 7 の反射点 7 a で反射されたレーザー光は、最後に 1 次元センサ 1 3 b により受光される。よって、Y 軸方向に角度変更されたレーザー光を受光するために、受光位置におけるレーザー光の偏移距離は 1 次元 CCD センサ 1 3 b の Y 軸方向の幅 W より小さくする必要があり、前もって計算あるいは実験により確認しておく。

【0067】

実施例 1 および実施例 2 は、熱遮蔽物 5 の側面 5 a による反射をどの時点で行うかという違いがあるのみであり、その作用効果は基本的に同じである。よって、実際の位置測定において、実施例 1 と実施例 2 のいずれを採用してもよい。

40

【0068】

本発明によれば、散乱光を使用するため測定頻度 (単位時間あたりの測定回数) を高くすることができるとともに、融液液面の反射回数が 1 回だけであり、また反射光の強度が比較的低下しない低角度反射法を採用したため、レーザーパワーを大きくする必要がない。

【0069】

図 5 は、本発明による測定方法と従来の測定方法における測定頻度とレーザーパワーを比較した図である。

【0070】

図 5 によれば、直接反射法の場合、戻り光が直接反射光であるためレーザーパワーを小さ

50

くできる。しかし、直接反射法は融液液面の液面形状に依存しているため、反射体からの直接反射光を安定して受光することができず、測定頻度を高くすることができない。また、折り返し反射法の場合、戻り光が散乱光であるため測定頻度は高くできるが、レーザーパワーを大きくする必要がある。レーザーパワーの大きい装置は大型であり安全性にも問題がある。

【0071】

一方、本発明の場合、戻り光が散乱光のため測定頻度を高くできるとともに、レーザーパワーをあまり高くする必要がない。その結果、安全性の高い小型のレーザー光源を使用することができる。

【0072】

図6は、本発明による測定方法と従来の測定方法との測定の安定性を比較した図である。なお、パラメータとして、熱遮蔽物と単結晶との間隔Dと熱遮蔽物の下面と融液液面との間隔Lを用いた。

【0073】

(条件1) 間隔D大、間隔L中の場合

本発明は良であり、直接反射法は優である。なお、折り返し反射法は行っていない。

【0074】

(条件2) 間隔D中、間隔L大の場合

本発明は優であるが、直接反射法は不可であり、折り返し反射法は可である。

【0075】

(条件3) 間隔D小、間隔L大の場合

本発明および折り返し反射法は可であり、直接反射法は不可である。

【0076】

(条件4) 間隔D小、間隔L小の場合

本発明は可であり、直接反射法および折り返し反射法は不可である。

【0077】

図5および図6によれば、本発明の場合、測定頻度を高くすることができる。また、条件1では直接法が優れるものの、条件2～4では、本発明が優れていることがわかる。シリコン単結晶の品質を向上させるために間隔Dおよび間隔Lを小さくすることが求められる。そのため本発明はその点で特に有用な方法である。

【0078】

以上説明した実施例においては、低角度反射用の部材として熱遮蔽物を想定しているが、他にクーラーパイプ、パージチューブ、側面部材などの炉内構成物を利用することもできる。低角度反射を行う場合に適宜選択して好適な条件で適用することができる。

【0079】

また、上記実施例ではCZ炉内のメルトレベルを測定する場合を説明したが、本発明は上記実施例に限られるものではない。

【0080】

すなわち、測定箇所近傍に部材を設け、レーザー光源から出射した出射光を、前記部材により反射させてから測定箇所に投射し、測定箇所では反射した反射光を前記受光器で受光するか、または出射光を測定箇所に投射し、測定箇所では反射した反射光を、反射部材により反射させてから、受光器で受光するような位置測定方法としても適用できる。

【0081】

これにより、例えば直接反射法を用いて測定箇所の戻り光が不安定になる場合に、測定箇所近傍の部材を用いて戻り光を散乱光にすることで安定した測定頻度で位置測定することが可能となる。

【0082】

上記実施例では光源として赤色レーザー光源を用いているが、本発明は赤色レーザー光源の代わりに、紫色、青色、緑色のレーザー光源を用いることもできる。

【0083】

10

20

30

40

50

これらの400nm～550nmのレーザー光源を用いると、CZ炉内から発生する黄色、赤色、近赤外波長のゴースト光から波長を遠ざけることができるので、CCDセンサの相対受光感度が向上し、結果的に精度の高い位置測定が可能になる。

【0084】

また、本発明はレーザー光源の代わりに、キセノン、水銀、ハロゲン等の一般的な光源あるいはナトリウム線等の単一波長光源を用いることもできる。レーザー光源を用いると測定座標を精度よく検出することができ、結果的に精度の高い位置測定が可能になるが、場合によってはほかの光源を使用してもよい。

【図面の簡単な説明】

【0085】

【図1】図1は、本発明の実施例1の位置測定方法を説明するための図である。

【図2】図2は、実施例1のレーザー光の軌跡を上面(Y-Z面)から見た模式図である。

【図3】図3は、本発明の実施例2の位置測定方法を説明するための図である。

【図4】図4は、実施例2レーザー光の軌跡を上面(Y-Z面)から見た模式図である。

【図5】図5は、本発明による測定方法と従来における測定頻度とレーザーパワーを比較した図である。

【図6】図6は、本発明による測定方法と従来における測定方法との測定の安定性を比較した図である。

【図7】図7は、従来例によるレーザー光の軌跡を説明するための図である。

【図8】図8は、ほかの従来例による位置測定方法を説明するための図である。

【符号の説明】

【0086】

A1～A4 メルトレベル

D 熱遮蔽物の下端部の内周と引き上げ単結晶の周壁との間隔

L 熱遮蔽物の下面と融液液面との間隔

1 CZ炉

2 るつぼ

3 シリコン原料

4 シリコン単結晶

5 熱遮蔽物

7 融液液面

8 距離測定ユニット

9 回転ミラー

10 入射窓

11 プリズム

12 レーザ光源

13 受光器

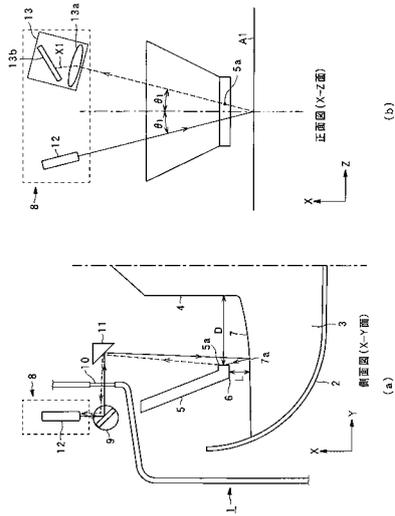
13b 1次元CCDセンサ

10

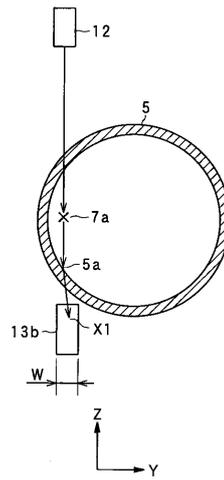
20

30

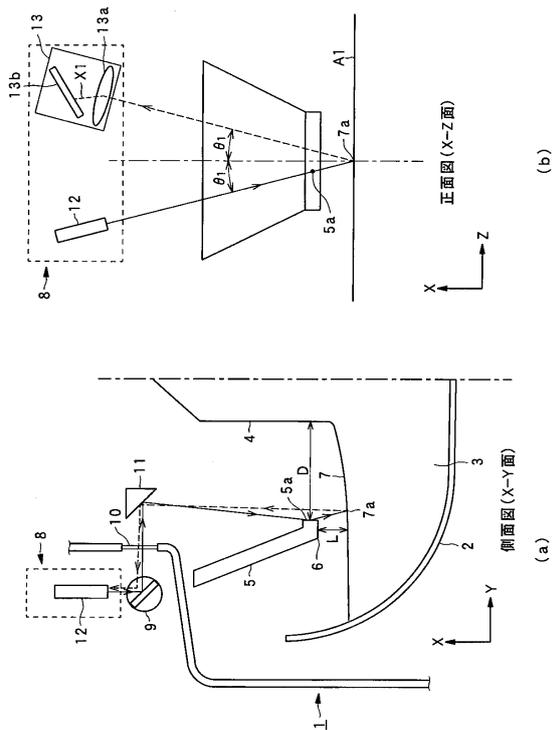
【図1】



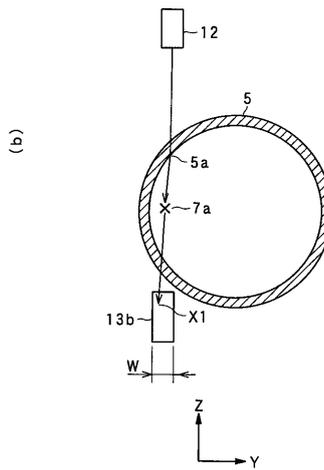
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

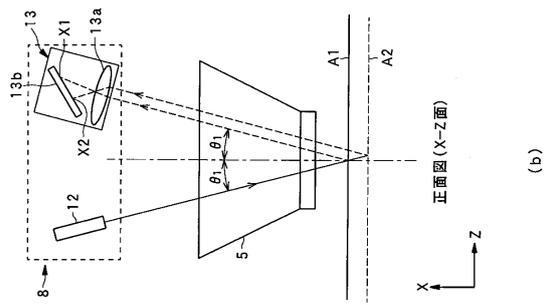
測定方法	戻り光の種類	測定頻度	レーザーパワー
本発明	散乱光	高	中
直接反射法	直接光	低	小
折り返し反射法	散乱光	高	大

【図6】

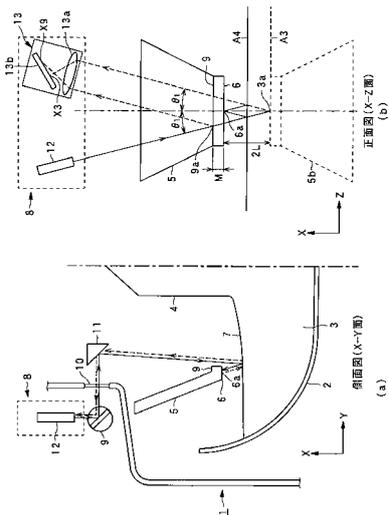
条件	本発明	直接反射法	折り返し反射法
(条件1) 間隔D大、間隔L中	○	◎	-----
(条件2) 間隔D中、間隔L大	◎	×	△
(条件3) 間隔D小、間隔L大	△	×	△
(条件4) 間隔D小、間隔L小	△	×	×

◎ 優 ○ 良 △ 可 × 不可

【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 木原 亜由美

神奈川県平塚市四之宮三丁目25番1号 コマツ電子金属株式会社内

審査官 大和田 有軌

(56)参考文献 特開2002-013966(JP,A)
特開平06-042914(JP,A)
国際公開第01/083859(WO,A1)
特開2000-264779(JP,A)
特開2000-258227(JP,A)
特開平07-243911(JP,A)
特開平06-281415(JP,A)
特開昭63-292015(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01C	3/00	-	3/32
G01S	7/48	-	7/51
G01S	17/00	-	17/95
G01B	11/00	-	11/30
G01F	23/00	-	23/76
C30B	1/00	-	35/00