

(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2005-225741

(P2005-225741A)

(43) 公開日 平成17年8月25日(2005.8.25)

(51) Int.Cl.⁷

C30B 15/30

C30B 29/06

F I

C30B 15/30

C30B 29/06 502F

テーマコード (参考)

4G077

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2004-38808 (P2004-38808)

(22) 出願日 平成16年2月16日 (2004.2.16)

(71) 出願人 000153672

株式会社柏原機械製作所

大阪府柏原市河原町1番22号

(71) 出願人 302006854

三菱住友シリコン株式会社

東京都港区芝浦一丁目2番1号

(74) 代理人 100064584

弁理士 江原 省吾

(74) 代理人 100093997

弁理士 田中 秀佳

(74) 代理人 100101616

弁理士 白石 吉之

(74) 代理人 100107423

弁理士 城村 邦彦

最終頁に続く

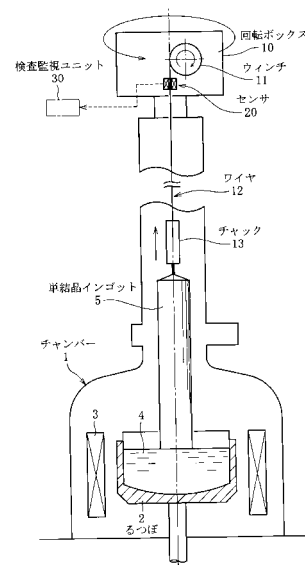
(54) 【発明の名称】 単結晶製造装置

(57) 【要約】

【課題】 ワイヤを適正な時期に交換できる、安全性と生産性に優れた単結晶製造装置の提供。

【解決手段】 ウインチ11で巻上げ巻下げられるワイヤ12の異常(ワイヤ素線の断線など)を検出する渦流探傷センサ20をウインチ11の近傍に配設する。負荷時又は無負荷時にワイヤ12を渦流探傷センサ20で非破壊検査し、同センサ20の検出信号レベルに基づいて警報信号を発信する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

単結晶インゴットの原料融液を収容するつぼと、前記つぼの上方に配置され、下端に種結晶を取付けたワイヤを巻上げ巻下るウインチとを備え、前記つぼ内の原料融液の表面に前記種結晶を接触させて単結晶インゴットを成長させつつ前記ワイヤで引き上げるようにした単結晶製造装置において、

前記ウインチの近傍に、前記ワイヤの異常を検出するセンサを配設したことを特徴とする単結晶製造装置。

【請求項 2】

前記センサの検出信号に基づき警報を発するようにしたことを特徴とする請求項 1 記載の単結晶製造装置。 10

【請求項 3】

前記センサが、前記ウインチ近傍のワイヤの鉛直部分に近接配置された送信コイル及び受信コイルを備えた電磁探傷センサであることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の単結晶製造装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、石英るつぼ等に収容された原料融液から種結晶を用いて単結晶インゴットを成長させながらワイヤで引き上げる単結晶製造装置に関する。 20

【背景技術】

【0002】

半導体ウエーハの製造に使用される高純度の単結晶インゴットは、一般に、石英るつぼのシリコン融液から種結晶を核として成長させつつワイヤで引き上げるチョコラルスキー法（CZ 法）で製造され、そのための各種の製造装置（例えば、特許文献 1 参照）が知られている。この CZ 法による単結晶製造装置の一例を図 5 に示す。

【0003】

図 5 の装置は、縦長の気密チャンバー 1 の上端に回転ボックス 10 を接続したもので、チャンバー 1 の下部に石英製るつぼ 2 が回転及び上下動可能に配置され、るつぼ 2 の周りにヒーター 3 が設置される。回転ボックス 10 内にはウインチ 11 が設置され、ウインチ 11 に巻回されたワイヤ 12 が回転ボックス 10 の底部を貫通してチャンバー 1 内に吊り下がる。ワイヤ 12 は、ステンレス線やタングステン線などの金属素線から成る高耐熱性の撚り線で、チャンバー 1 内に吊り下がるワイヤ 12 の下端部にチャック 13 を固定している。回転ボックス 10 はチャンバー 1 上に水平方向に回転可能に接続され、ウインチ 11 をワイヤ繰出し方向に正回転させるとワイヤ 12 がチャック 13 を吊り下げた状態でチャンバー 1 内を下降し、ウインチ 11 を逆回転させるとワイヤ 12 がウインチ 11 に巻き取られてチャンバー 1 内をチャック 13 と共に上昇する。 30

【0004】

図 5 の単結晶製造装置は以下のように作動する。まずウインチ 11 でワイヤ 12 を巻き上げ、チャック 13 の下端に種結晶を取付ける。チャンバー 1 内を真空又は不活性ガス雰囲気にし、ヒーター 3 でるつぼ 2 内のシリコン単結晶又は多結晶の原料を加熱溶解させる。ウインチ 11 を正回転させてワイヤ 12 を繰り出し、チャック 13 をるつぼ 2 内のシリコン融液 4 に向けて下降させる。チャック 13 下端の種結晶をシリコン融液 4 の表面に接触させて種結晶の周りに単結晶を成長させ、ウインチ 11 を低速で逆回転させてワイヤ 12 でチャック 13 を引き上げる。この引き上げでシリコン融液 4 から所望の直径の単結晶インゴット 5 が成長しながらワイヤ 12 で引き上げられる。単結晶インゴット 5 が所定の長さで成長し、チャンバー 1 内の上部まで引き上げられると、ウインチ 11 が回転停止して結晶インゴット 5 の取出作業が行われる。 40

【特許文献 1】特開 2003 - 176199 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記チャンバー内におけるワイヤは、1600 超の高温融液に晒されるだけでなく、引き上げインゴット重量の増大（大径化、長尺化）に伴いその使用条件はますます過酷になっている。さらに、ワイヤは、単結晶インゴットを引き上げながら捩れ、ウインチに屈曲しながら巻き取られる動作を繰り返すために、金属疲労が進行しやすい使用条件下にある。このため、現在の単結晶製造現場においては、ワイヤを早い時期に定期的に新品と交換するようにして、使用時のワイヤ損傷、最悪の場合のワイヤ断線によるトラブル発生を回避するようにしている。

【0006】

10

一方で高純度インゴット製造の点では、生産性やコストの面からできるだけ長期に亘りワイヤ交換することなく同一のワイヤを使用することが望まれる。しかし、使用中のワイヤの極一部の素線に損傷や断線が発生したまま継続して使用すると、成長中の結晶に対して異物汚染の原因となることがあり、安定した高純度インゴットの製造が難しくなるだけでなく、最悪の場合はワイヤ断線、引き上げ時のインゴット落下の可能性がある。そのため、ワイヤ交換はワイヤ損傷等の異常が発生する確率の高い時期を経験に基づいて予測して、その予測時期より十分に余裕を見込んで交換時期と設定して、定期的にワイヤ交換するようにしている。

【0007】

しかし、ワイヤ交換の間は単結晶製造装置の稼働を停止させねばならず、ワイヤ交換を短期で頻繁に行うと製造装置の稼働率が低下し、生産性が悪くなり、これにより単結晶インゴットの生産コストが上昇する。また、短期でワイヤ交換するようにしても、必ずしも不測のワイヤ断線の危険性がないとは断言できず、安全性を徹底する上で問題があった。

20

【0008】

本発明の目的は、ワイヤ交換が常に適正な期間で経済的に実行できる、安全性に優れた単結晶製造装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は上記目的を達成するため、単結晶インゴットの原料融液を収容するつぼと、つぼの上方に配置され、下端に種結晶を取付けたワイヤを巻上げ巻下ろすウインチとを備え、つぼ内の原料融液の表面に前記種結晶を接触させて単結晶インゴットを成長させつつワイヤで引き上げるようにした単結晶製造装置において、ウインチの近傍にワイヤの異常を検出するセンサを配設したことを特徴とする。

30

【0010】

ここで、センサで検出するワイヤの異常とは、撚り線ワイヤを構成する金属素線の損傷や断線、ワイヤ表面の極端な曲げやへこみ等の形状変化の他、金属疲労など内部的な変化も含み、放置するとワイヤ断線、単結晶インゴットの異物混入の原因となるような欠陥・欠損部分である。センサは、ウインチの巻上げ巻下ろしで昇降する移動中のワイヤ、又は、停止中のウインチに支持された静止状態のワイヤの異常の有無、異常の程度、異常発生箇所などを検出する非破壊探傷センサであって、具体的にはワイヤの種類に対応させた例えば電磁探傷センサや光学探傷センサである。センサは、単結晶インゴットを引き上げる上昇中の負荷状態にあるワイヤの異常を基本的に検出するが、インゴット引き上げ準備中の下降中或いは静止中の無負荷状態のワイヤの異常を検出することもできる。センサの位置は固定してワイヤを相対移動させることで、ワイヤのほぼ全長が検査される。また、センサのワイヤ異常検出結果に基づいてワイヤ交換の適正な時期を決めることができる。このようにワイヤ交換を経験に基づいて定期的かつ一律に行なうのではなく、ワイヤ毎にセンサの検出結果に基づいた合理的な時期に行なうことで、従来行われていた定期的なワイヤ交換に伴う製造装置の稼働率低下、安全性等の諸問題が解決される。

40

【0011】

また、本発明においては、センサの出力信号に基づき警報を発するようにすることがで

50

きる。例えば、センサの検出信号レベルが予め設定された基準レベルの閾値を超えると警報信号を発信する検査監視ユニットを単結晶製造装置に付設して、センサがワイヤから危険性の高い異常を検出するか否かを検査監視ユニットで常時監視し、センサが危険性の高い異常を検出すると警報ランプや警報ブザーを作動させる。

【0012】

検査監視ユニットは、ウインチ近傍のセンサに電氣的に接続されてワイヤ異常の検出動作を行なう。検査監視ユニットは、センサから出力される検出信号を演算処理してワイヤの異常の度合に応じたレベルの出力信号を得る検査回路部と、この検査回路部の検出信号レベルをメータ表示させ、かつ、所定の基準レベルとの比較結果に基づいて警報信号を発信して警報ブザーや警報ランプを作動させる警報回路部を有する構成とすることができる。検査回路部は、単結晶製造装置の装置内部のウインチとセンサの近傍に設置でき、警報回路部は単結晶製造装置外に設置することができる。このような検査回路部と警報回路部の間の信号伝送方式は、無線方式の他にスリッピング等を用いた有線方式も可能である。警報回路部による警報ブザーや警報ランプの作動で、ワイヤが交換すべき時期にきたことが分かる。従って、ワイヤ交換を常に適正な時期に行うことが可能となり、必要以上に短期でワイヤ交換する不具合が解消される。また、警報が発せられる前のワイヤは、素線断線などの異常がなく、異常があってもワイヤ断線を引き起こす虞の全くない低レベルのものであるので、常に安全が保障される。

10

【0013】

また、本発明においては、センサに、ウインチ近傍のワイヤの鉛直部分に近接配置された送信コイル及び受信コイルを備えた電磁探傷センサを適用することができる。この電磁探傷センサは渦流探傷センサ又は漏洩磁束探傷センサで、ワイヤに対して連続的に送信コイル（励磁コイル）で発生させた磁束を作用させ、この磁束で生じるワイヤでの渦流電流又は漏洩磁束の変化を受信コイル（検出コイル）で検出する。この電磁探傷センサに対してワイヤを軸方向に相対移動させることで、ワイヤのほぼ全長が連続して非接触で非破壊検査される。

20

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、単結晶製造装置の稼働時や稼働停止時にワイヤの異常の有無や程度がセンサで検出でき、このセンサの検出結果に基づいてワイヤの合理的交換時期を決定できるから、ワイヤを常に安全な状況下で利用できる安全性に優れた単結晶製造装置が提供できる。また、同一のワイヤを可及的長期に亘り安全に使用可能であるから、単結晶製造装置の稼働率改善、生産性向上および単結晶インゴットの生産コストの低減が図れる効果がある。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、本発明の実施の形態を図1～図4を参照して説明する。なお、この実施の形態は、図5の単結晶製造装置に適用したもので、図5と同一又は相当部分には同一符号を付して説明の重複を避ける。

【0016】

40

図1に示すように、本発明装置は、回転ボックス10内にウインチ11で巻上げ巻下されるワイヤ12の異常（ワイヤ素線の断線や曲げ、へこみ、損傷などによる形状変化や金属疲労などの内部変化）を検出するセンサ20を配設し、センサ20の検出信号に基づいて警報信号などを発信する検査監視ユニット30を製造装置内外に配備する。ワイヤ12は、例えばステンレス線又はタングステン線の素線を撚った撚り線である。センサ20は、回転ボックス10内の所定の位置に設置された渦流探傷センサで、鉛直方向に昇降するワイヤ12に接近させて配置される。以下、必要に応じてセンサ20を渦流探傷センサ20と称する。検査監視ユニット30は、例えば図4に示すように回転ボックス10内に渦流探傷センサ20（又は漏洩磁束探傷センサ）と共に設置される検査回路部30aと、回転ボックス10外に設置される監視回路部30bと、検査回路部30aと監視回路部3

50

0 b の間に配置された信号送信手段 3 0 c を有する。

【 0 0 1 7 】

渦流探傷センサ 2 0 の構造例と動作原理図を図 2 と図 3 に示す。図 2 の渦流探傷センサ 2 0 は、昇降するワイヤ 1 2 を非接触で非破壊検査するもので、ワイヤ 1 2 が非接触で上下に貫通する筒状のボビン 2 1 と、ボビン 2 1 の内周の上部と下部に装着された 2 つの送信コイル 2 2、2 3 と、ボビン 2 1 の内周の中間部に装着された受信コイル 2 4 を有する。なお、図示される送信コイル 2 2、2 3 は貫通コイル構造であるが、半割コイル又は U 字型コイル構造でもよい。

【 0 0 1 8 】

送信コイル 2 2、2 3 に交流発信器 2 5 から 2 0 0 0 K H z 程度の正弦波励磁電流を流すと、図 3 の鎖線で示すようにボビン 2 1 内に軸方向に磁束が発生し、この磁束域をワイヤ 1 2 が通過することでワイヤ 1 2 に渦電流が発生する。この渦電流はワイヤ 1 2 に異常があると、その異常に応じて変化する。この渦電流変化を受信コイル 2 4 がインピーダンス変化、或いは、誘導電圧変化として検出して検査監視ユニット 3 0 の検査回路部 3 0 a に出力する。検査回路部 3 0 a は受信コイル 2 4 からのインピーダンス変化、又は誘導電圧変化の検出信号 s からノイズ成分を除去し、増幅して信号送信手段 3 0 c に送信する。信号送信手段 3 0 c は、例えば回転ボックス 1 0 に設置した送信アンテナと監視回路部 3 0 b に設置した受信アンテナを備えた無線伝送手段、又は、回転ボックス 1 0 に設置したスリップリングと、このスリップリングに電氣的に接触する触子を備えた有線伝送手段で構成できる。

【 0 0 1 9 】

監視回路部 3 0 b は、上記受信アンテナで受信された検出信号 s からワイヤ異常の度合をアナログ又はデジタル表示するの表示器 3 1 と、検出信号 s を記憶してワイヤ管理等に使用されるメモリ回路 3 2 と、検出信号 s の信号レベルと所定の閾値の比較結果に基づいて適宜に警報信号 t を出力する異常判定回路 3 3 を備える。異常判定回路 3 3 の出力側に警報ランプ 3 4 と、警報ブザー 3 5 の各ドライブ（図示せず）が接続される。

【 0 0 2 0 】

次に、上記実施例の形態の動作を説明する。

【 0 0 2 1 】

図 1 に示すように、ウインチ 1 1 を逆回転（右回転）させて単結晶インゴット 5 を吊り下げたワイヤ 1 2 を所定高さ位置に固定配置した渦流探傷センサ 2 0 を貫通させて上昇させる。これにより渦流探傷センサ 2 0 でワイヤ 1 2 の異常検出が連続して行われる。この間、渦流探傷センサ 2 0 からの検出信号 s が検査監視ユニット 3 0 の検査回路部 3 0 a に送信され、監視回路部 3 0 b の表示器 3 1 にワイヤ異常の有無と異常度合が数値化されてアナログ又はデジタルで表示される。この表示を作業員が視認することで、現在使用されているワイヤ 1 2 が異常のあるワイヤか、異常のあるワイヤの場合はどのレベル、数、種類の異常が発生しているかが判断される。これらワイヤの異常が、放置しても問題とならないほど小さなレベルの異常である場合は、この小レベルの異常に対する検出信号 s が異常判定回路 3 3 に設定された閾値を超えないようにして警報信号を発しないようにすることができる。なお、後の分析用として検出信号 s はメモリー回路 3 2 に保存される。また、ワイヤの異常が、ワイヤ断線等の事故を引き起こす要因となり得る大レベルの異常の場合は、この大レベルの異常に対する検出信号 s が異常判定回路 3 3 の閾値を超えて、異常判定回路 3 3 から警報信号 t が出力され、警報ランプ 3 4 が点滅し、警報ブザー 3 5 が鳴り、周囲の作業員に報知される。

【 0 0 2 2 】

この大レベルの異常は、例えば図 3 に示すワイヤ 1 2 を構成する多数本の素線 1 2 ' の 1 本又は数本の断線である。撚り線のワイヤ 1 2 の断線は、1 本又は数本の素線 1 2 ' の断線を放置することにより発生する確率が高く、このような素線 1 2 ' の断線は、ワイヤ 1 2 を流れる渦電流の大きな変化となって現れることから、1 本の素線 1 2 ' の断線であっても、この断線異常が渦流探傷センサ 2 0 で高精度に検出される。

【 0 0 2 3 】

図 1 において、単結晶インゴット 5 の引き上げが終了するまで渦流探傷センサ 2 0 によるワイヤ異常検出が継続して行われ、チャック 1 3 が渦流探傷センサ 2 0 の高さ位置まで上昇したところで引き上げを終了させて、ワイヤ 1 2 のウインチ 1 1 から吊り下がり鉛直となる部分の全長を非破壊検査する。この検査工程で検査監視ユニット 3 0 が一度も警報を発しない場合は、ワイヤ 1 2 にまったく異常がないか、あるいは異常が有ってもまだ十分に使用できるワイヤであると判定されて、同じワイヤ 1 2 が次の単結晶製造に継続して使用される。また、上記検査工程で検査監視ユニット 3 0 が警報を発すると、ワイヤ 1 2 に大レベルの異常が有り、これを放置してワイヤ 1 2 を更に何度も使用するとワイヤ断線の危険性が増すと判定される。この場合は、1 回の検査工程が終了した後、ワイヤ 1 2 を新品と交換する時期が経験に基づいて決定される。

【 0 0 2 4 】

なお、本発明は上記した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変更を加え得ることは勿論である。例えば、図 1 の単結晶製造装置はチャンバー上の回転ボックス内にセンサを配備しているが、チャンバー構造によってはチャンバー内の上部にセンサを配備するようにしてもよい。また、ワイヤを巻上げ巻下げるウインチの周面に巻回されているワイヤを対象にセンサで異常検出することも可能である。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 5 】

【 図 1 】 本発明に係る単結晶製造装置の概要を示す側面図である。

【 図 2 】 図 1 装置におけるセンサの概要を示す拡大断面図である。

【 図 3 】 図 2 のセンサの動作原理図である。

【 図 4 】 図 1 装置における検査監視ユニットのブロック図である。

【 図 5 】 従来の単結晶製造装置の概要を示す側面図である。

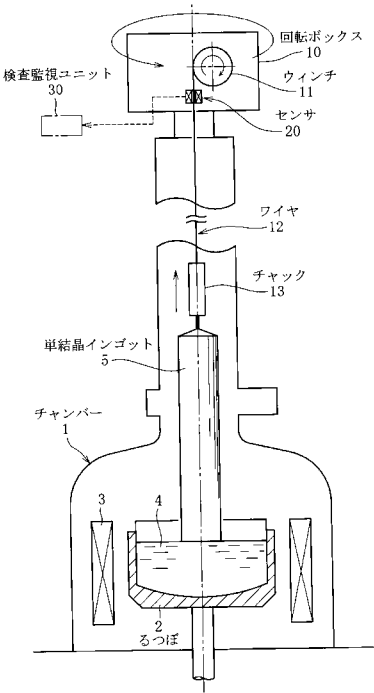
【 符号の説明 】

【 0 0 2 6 】

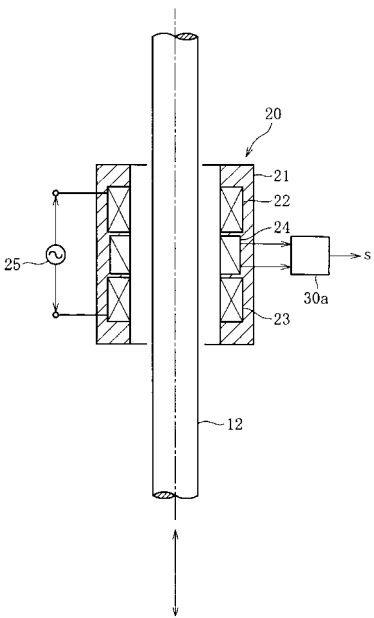
- 1 チャンバー
- 2 るつぼ
- 3 ヒーター
- 4 原料融液
- 5 単結晶インゴット
- 1 0 回転ボックス
- 1 1 ウインチ
- 1 2 ワイヤ
- 1 3 チャック
- 2 0 センサ、渦流探傷センサ
- 2 1 ポビン
- 2 2、2 3 送信コイル
- 2 4 受信コイル
- 2 5 交流発信器
- 3 0 検査監視ユニット
- 3 0 a 検査回路部
- 3 0 b 監視回路部
- 3 0 c 信号送信手段
- 3 1 表示器
- 3 2 メモリー回路
- 3 3 異常判定回路
- 3 4 警報ランプ
- 3 5 警報ブザー

s 検出信号
t 警報信号

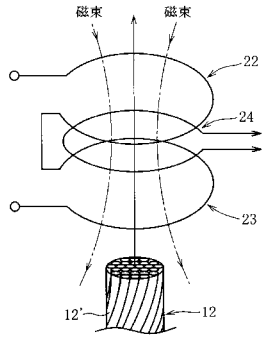
【図 1】



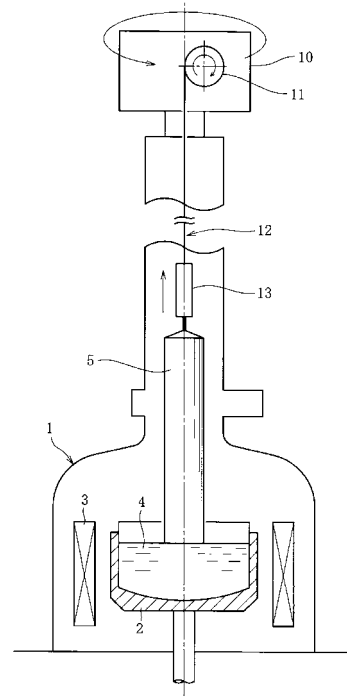
【図 2】



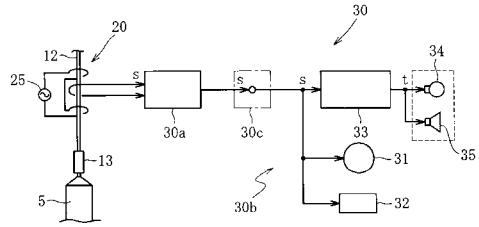
【 図 3 】



【 図 5 】



【 図 4 】



フロントページの続き

(74)代理人 100120949

弁理士 熊野 剛

(74)代理人 100121186

弁理士 山根 広昭

(72)発明者 川淵 満

大阪府柏原市河原町 1 番 2 2 号 株式会社柏原機械製作所内

(72)発明者 草野 恵三

佐賀県杵島郡江北町大字上小田 2 2 0 1 番地 三菱住友シリコン株式会社内

F ターム(参考) 4G077 AA02 BA04 CF10 EG12 HA12 PG01