

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4066112号
(P4066112)

(45) 発行日 平成20年3月26日(2008.3.26)

(24) 登録日 平成20年1月18日(2008.1.18)

(51) Int.Cl.

F I

B 2 4 B 27/06 (2006.01)

B 2 4 B 27/06

F

B 2 4 B 27/06

D

B 2 4 B 27/06

R

請求項の数 9 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平11-19566
 (22) 出願日 平成11年1月28日(1999.1.28)
 (65) 公開番号 特開2000-218502(P2000-218502A)
 (43) 公開日 平成12年8月8日(2000.8.8)
 審査請求日 平成17年12月19日(2005.12.19)

(73) 特許権者 396011015
 株式会社スーパーシリコン研究所
 群馬県安中市野谷555番地の1
 (74) 代理人 100083116
 弁理士 松浦 憲三
 (72) 発明者 永塚 真史
 東京都三鷹市下連雀9丁目7番1号
 株式会社東京精密内
 (72) 発明者 大久保 茂
 東京都三鷹市下連雀9丁目7番1号
 株式会社東京精密内
 (72) 発明者 河原井 宏
 東京都三鷹市下連雀9丁目7番1号
 株式会社東京精密内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ワイヤソーの制御方法及びワイヤソー

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ワイヤを複数個のグループローラに巻き掛けてワイヤ列を形成し、前記ワイヤを走行させるとともに前記ワイヤ列に加工液を供給しながらワークを押しつけることにより、該ワークを多数のウェーハに切断するワイヤソーの制御方法において、
 前記ワークの切断中における、前記ワイヤ列を形成するワイヤの変位量を測定し、
 前記測定した変位量及び前記ワイヤの初期張力に基づいて、前記ワイヤ列にかかる切断負荷を算出し、
 前記算出した切断負荷と予め設定された基準値とを比較し、その比較結果に基づいて前記ワークの送り速度を制御しながら前記ワークを切断することを特徴とするワイヤソーの制御方法。

10

【請求項2】

ワイヤを複数個のグループローラに巻き掛けてワイヤ列を形成し、前記ワイヤを走行させるとともに前記ワイヤ列に加工液を供給しながらワークを押しつけることにより、該ワークを多数のウェーハに切断するワイヤソーにおいて、
 前記ワークの切断中における、前記ワイヤ列を形成するワイヤの変位量を測定するセンサと、
 前記ワークを前記ワイヤ列に対して進退移動させるワーク送り手段と、
 前記センサで測定された変位量及び前記ワイヤの初期張力に基づいてワイヤ列にかかる切断負荷を算出し、該算出された切断負荷と予め設定された基準値とを比較し、その比較結

20

果に基づいて前記ワーク送り手段によるワーク送り速度を制御する制御手段と、
を備えたことを特徴とするワイヤソー。

【請求項 3】

前記ワイヤソーには、前記センサを前記ワイヤ列に対して進退させる駆動手段と、前記センサの進退量を計測する計測手段とが設けられ、前記ワイヤ列を形成するワイヤの位置に応じて前記センサを前記駆動手段で進退させるとともに、前記センサの測定値に前記計測手段で計測したセンサの進退量を加算して前記ワイヤの変位量を算出することを特徴とする請求項 2 記載のワイヤソー。

【請求項 4】

前記センサは、前記ワイヤ列の上方に配設されたことを特徴とする請求項 2 または 3 記載のワイヤソー。

10

【請求項 5】

前記センサは、前記ワイヤ列に対して前記ワイヤが切断中に変位する側と反対側に配設されるとともに、前記ワイヤソーには、センサを前記ワイヤ列から退避させる退避手段が設けられ、切断が終了したワークを前記ワイヤ列から退避させる際に前記退避手段が前記センサを前記ワイヤ列に対して退避させることを特徴とする請求項 2、3 または 4 記載のワイヤソー。

【請求項 6】

前記センサは、前記複数のグルーローラを回転自在に支持するブラケットに着脱自在に支持されていることを特徴とする請求項 2、3、4 または 5 記載のワイヤソー。

20

【請求項 7】

前記センサの検出部に、検出部を保護するカバーを取り付けたことを特徴とする請求項 2、3、4、5 または 6 記載のワイヤソー。

【請求項 8】

前記センサは、前記ワークが押し付けられる前のワイヤ列に対し、ワイヤの変位方向に予め所定の角度で傾けられて取り付けられていることを特徴とする請求項 2、3、4、5、6 または 7 記載のワイヤソー。

【請求項 9】

前記センサで測定されるワイヤの変位量は、前記センサに対するワイヤの距離の実測値に基づいて予め補正されることを特徴とする請求項 2、3、4、5、6、7 または 8 記載のワイヤソー。

30

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はワイヤソーの制御方法及びワイヤソーに係り、特にシリコン、ガラス、セラミック等のワークを多数枚のウェーハに切断するワイヤソーの制御方法及びワイヤソーに関する。

【0002】

【従来の技術】

ワイヤソーは、複数個のグルーローラにワイヤを巻き掛けてワイヤ列を形成し、このワイヤを高速で走行させるとともに前記ワイヤ列にワークを押し付けることにより、ワークを薄板状のウェーハに切断する装置である。このワイヤソーで円柱状のワークを切断する場合、切断開始位置や切断終了位置と切断中間位置とでは、切断長が異なるので、ワイヤにかかる切断抵抗が変動する。この現象によって、ワイヤの撓み量（ワークの送り方向におけるワイヤの変位量）が変動する。ワイヤの撓み量が変動すると、走行するワイヤの軌道が安定せず、ワークの切断精度が悪化するという問題が発生する。

40

【0003】

そこで、従来のワイヤソーでは、ワーク切断位置に応じた切断抵抗を予め予想し、その予想に基づいてワークの送り速度を制御することにより、ワイヤの撓みを変動させないで切断していた。

50

【 0 0 0 4 】

【 発明が解決しようとする課題 】

しかしながら、ワイヤにかかる切断抵抗は、ワークの形状や送り速度等の様々な条件によって変化するため、前記切断抵抗を正確に予測することは困難であるという欠点があった。このため、従来のワイヤソーでは、ワークを精度良く切断することができなかった。

【 0 0 0 5 】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたもので、ワークを精度良く切断することのできるワイヤソーの制御方法及びワイヤソーを提供することを目的とする。

【 0 0 0 6 】

【 課題を解決するための手段 】

本発明は前記目的を達成するために、ワイヤを複数個のグループローラに巻き掛けてワイヤ列を形成し、前記ワイヤを走行させるとともに前記ワイヤ列に加工液を供給しながらワークを押しつけることにより、該ワークを多数のウェーハに切断するワイヤソーの制御方法において、前記ワークの切断中における、前記ワイヤ列を形成するワイヤの変位量を測定し、前記測定した変位量及び前記ワイヤの初期張力に基づいて、前記ワイヤ列にかかる切断負荷を算出し、前記算出した切断負荷と予め設定された基準値とを比較し、その比較結果に基づいて前記ワークの送り速度を制御しながら前記ワークを切断することを特徴とする。

【 0 0 0 7 】

また、本発明は前記目的を達成するために、ワイヤを複数個のグループローラに巻き掛けてワイヤ列を形成し、前記ワイヤを走行させるとともに前記ワイヤ列に加工液を供給しながらワークを押しつけることにより、該ワークを多数のウェーハに切断するワイヤソーにおいて、前記ワークの切断中における、前記ワイヤ列を形成するワイヤの変位量を測定するセンサと、前記ワークを前記ワイヤ列に対して進退移動させるワーク送り手段と、前記センサで測定された変位量及び前記ワイヤの初期張力に基づいてワイヤ列にかかる切断負荷を算出し、該算出された切断負荷と予め設定された基準値とを比較し、その比較結果に基づいて前記ワーク送り手段によるワーク送り速度を制御する制御手段と、を備えたことを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

本発明は、ワイヤの撓み量が切断負荷（ワークの送り方向と反対方向にワークにかかる負荷）に依存することに着目し、この切断負荷に基づいてワークの切断を制御するものである。

請求項 1 及び 2 の発明によれば、ワイヤの変位量を測定し、測定したワイヤの撓み量及びワイヤの初期張力からワイヤの切断負荷を算出し、算出した切断負荷を基準値と比較し、その比較結果に基づいてワークの送り速度を制御する。たとえば、切断負荷を常に基準値となるように制御すると、ワークを精度良く切断することができる。また、本発明は、前記切断負荷をワイヤの変位量とワイヤの初期張力によって算出しているので、ワイヤの初期張力を変更しても正確に演算することができる。

【 0 0 0 9 】

請求項 3 の発明によれば、センサをワイヤ列に対して進退移動させる駆動手段と、センサの進退量を計測する計測手段とを設け、前記ワイヤ列のワイヤの位置に応じて前記センサを前記駆動手段によって進退させるとともに、前記計測手段の計測値と前記センサの測定値に基づいて前記ワイヤの変位量を算出する。これにより、ワイヤの変位量の測定範囲を拡大させることができ、ワイヤの変位量が大きい場合にも対応することができる。

【 0 0 1 0 】

請求項 4 の発明によれば、センサをワイヤ列の上方に配設したので、ワイヤ列に供給した加工液、たとえばスラリがセンサに付着しにくい。したがって、スラリの悪影響を受けることなく、ワイヤの変位量をセンサで測定することができる。

請求項 5 の発明によれば、切断中に前記ワイヤ列に対して前記ワイヤが変位する側と反対側にセンサを配設したので、変位したワイヤがセンサに接触してセンサを損傷することが

10

20

30

40

50

ない。また、センサをワイヤ列に対して退避させる退避手段を設け、切断したワークをワイヤ列から後退させる際に前記退避手段でセンサをワイヤ列から退避させたので、後退させたワークに引きずられて逆方向に変位したワイヤがセンサに接触してセンサを傷つけることがない。

【 0 0 1 1 】

請求項 6 の発明によれば、前記複数のグループローラがブラケットに支持され、このブラケットに前記センサが取り付けられている。したがって、前記複数のグループローラにワイヤを巻きかけて形成したワイヤ列に対する、センサの位置調節を簡単に行うことができる。

請求項 7 の発明によれば、センサの検出部にカバーを取り付けたので、変位したワイヤから検出部を保護することができる。

10

【 0 0 1 2 】

請求項 8 の発明によれば、センサをワイヤの変位方向に所定の角度、たとえばセンサとして渦電流型変位計を用いた場合には、無負荷のワイヤと許容最大の負荷がかけられたワイヤとの角度の半分だけ、ワイヤの変位方向に予め傾けて設置する。前記センサは、通常、センサに対して被検査体（ワイヤ）の角度が大きくなるにつれて感度が低下する。本発明は、センサを予めワイヤの変位方向に傾けて設置するので、ワイヤが変位して角度が変化しても高感度の領域でセンサを使用して、ワイヤの変位量を測定することができる。

【 0 0 1 3 】

請求項 9 の発明によれば、センサで測定されるワイヤの変位量は、センサに対するワイヤの距離の実測値に基づいて予め補正される。前記ワイヤは、非接触型センサの一般的な被検出体に対し、単位面積中に存在する面積割合が小さいので、従来は、ワイヤの変位量を精度良く測定することは困難であった。そこで、たとえば、実際にセンサを取り付けた（使用状態と同じ）状態で、センサを上下にスライドさせて採取したデータから、ワイヤの変位量とセンサの出力値とのデータテーブルを予め作成し、そのデータテーブルに基づいて前記センサの出力値をワイヤの変位量に換算する。これにより、ワイヤとセンサの距離は正確に測定され、ワイヤの変位量は精度良く測定される。

20

【 0 0 1 4 】

【発明の実施の形態】

以下添付図面に従って本発明に係るワイヤソーの制御方法及びワイヤソーの実施の形態について詳説する。

30

まず、本発明の第 1 の実施の形態のワイヤソー 10 の全体構成について説明する。

【 0 0 1 5 】

図 1 に示すように、ワイヤソー 10 には、ワイヤリール 12 が設けられ、このワイヤリール 12 に巻かれたワイヤ 14 は、多数のガイドローラ 16、16...、で形成される一方側のワイヤ走行路を経て 4 本のグループローラ 18 A、18 B、18 C、18 D に複数回巻き掛けられ、ワイヤ 14 同士が平行なワイヤ列 20 を形成する。ワイヤ列 20 を形成したワイヤ 14 は、ワイヤ列 20 を挟んで左右対称に形成されるとともに前記一方側のワイヤ走行路と同一構造の他方側のワイヤ走行路を経て、図示しないワイヤリールに巻き取られる。

40

【 0 0 1 6 】

前記ワイヤ列 20 の両側に形成されるワイヤ走行路には、それぞれワイヤ案内装置 22 及びダンサローラ 24 が配設され（一方側のみ図示）、ワイヤ案内装置 22 によって、ワイヤ 14 がワイヤリール 12 から一定ピッチで巻き取りまたは送り出される。また、ダンサローラ 24 には、所定重量のウェイト（図示せず）が架設され、このウェイトによって走行するワイヤ 14 に一定の張力が付与される。また、ワイヤ走行路には、ワイヤ洗浄装置（図示せず）が設けられ、このワイヤ洗浄装置において走行するワイヤ 14 に洗浄液を噴射することによりワイヤ 14 に付着したスラリがワイヤ 14 から除去される。

【 0 0 1 7 】

前記ワイヤ 14 が巻きかけられた 4 本のグループローラ 18 A ~ 18 D は、その両端が対

50

向する一対のスピンドルブラケット４２、４２に回転自在に支持され、各々の回転中心を結んだ時にその形状が矩形状となる位置に配設されている。前記一対のスピンドルブラケット４２、４２は、後述するオイルパン３６の上部に設置されている。

【００１８】

また、前記グルーローラ１８Ｃ及び前記一対のワイヤリール１２は、それぞれ正逆回転可能なモータ２６、２８に連結されている。前記ワイヤ１４は、これらのモータ２６、２８を駆動することにより、一対のワイヤリール１２間を高速で往復走行する。

前記ワイヤ列２０の上方には、ワークフィードテーブル３０がフィードベース３２に上下にスライド自在に取り付けられ、フィードベース３２に設けた駆動装置３３によりワークフィードテーブル３０は前記ワイヤ列２０に対して垂直に昇降移動する。また、ワークフィードテーブル３０の下部には、図示しないインゴットが結晶方位合わせした状態で保持される。

10

【００１９】

前記ワイヤ列２０の下方には、オイルパン３６が設置され、このオイルパン３６によって前記ワイヤ列２０に供給されたスラリが回収される。オイルパン３６の内側には、傾斜面が形成されており、傾斜面の下端に回収パイプ３８（図示せず）が接続されている。回収パイプは、先端がスラリ回収タンク４０に接続され、これにより、オイルパン３６に回収されたスラリは、回収パイプを介してスラリ回収タンク４０に貯留される。スラリ回収タンク４０は、スラリを一時的に貯留するタンクであり、スラリ回収タンク４０に貯留されたスラリは、後述するスラリ供給ユニット４４のスラリタンク４６に随時回収される。

20

【００２０】

スラリ供給ユニット４４は、移動可能な台車４８にスラリタンク４６、熱交換器５０、ポンプ５２及び流量計５４等を搭載して構成される。スラリタンク４６には、図示しないチューブが接続され、このチューブの先端が前記スラリ回収タンク４０の上部のポンプ４１に着脱自在に接続される。これにより、前記スラリ回収タンク４０に貯留されたスラリは、ポンプ４１により汲み上げられてスラリタンク４６に回収される。スラリタンク４６に回収されたスラリは、ポンプ５２で汲み上げられ、ワイヤ列２０の上方に設置したスラリノズル（図示せず）からワイヤ列２０に噴射される。そして、噴射されたスラリは、前述したようにオイルパン３６で回収され、スラリ回収タンク４０を介してスラリタンク４６に戻され、循環供給される。なお、循環供給されるスラリは、熱交換器５０により一定温度に調節されている。

30

【００２１】

図２は、前記一対のスピンドルブラケット４２、４２の斜視図である。

同図に示すように、前記一対のスピンドルブラケット４２、４２は、対向して配設され、それぞれ４個のスピンドルユニット５６、５６、...が回転自在に支持されている。前記グルーローラ１８Ａ～１８Ｄは、このスピンドルユニット５６に挟持され、回転自在に支持されている。

【００２２】

各スピンドルブラケット４２、４２にはそれぞれ、前記スピンドルユニット５６の下方となる位置にガイドレール５８が上下一組ずつ取り付けられている。前記グルーローラ１８Ａ～１８Ｄは、このガイドレール５８、５８によって所定の位置までガイドされてスピンドルユニット５６、５６に取り付けられる。

40

図３、図４及び図５は、本発明の第１の実施の形態の主要構成部の平面図、正面図及び側面図である。

【００２３】

これらの図に示すように、前記ガイドレールのうち上側のガイドレール５８、５８には、それぞれ対向する位置に支持柱６０が垂直に支持され、この支持柱６０の上端には、取付板６２が架設されている。前記支持柱６０の上端には、ネジ穴６０Ａが垂直に穿設され、また、取付板６２の両端には、このネジ穴６０Ａに重なる位置に貫通穴６２Ａが形成されている。そして、前記取付板６２は、先端に雄ネジが形成されたレバー６４を前記貫通穴

50

6 2 A に挿通し、レバー 6 4 の先端を前記ネジ穴 6 0 A に螺合することにより、前記支持柱 6 0 に着脱自在に取り付けられる。

【 0 0 2 4 】

前記取付板 6 2 の中央には、センサ 6 6 が取り付けられている。センサ 6 6 は、非接触の状態ワイヤ 1 4 との距離を測定するセンサであり、図 5 に示したように、無負荷の状態のワイヤ 1 4 A と最大許容負荷（後述する基準値の負荷）のかけられた状態のワイヤ 1 4 B との角度 θ_0 の半分（即ち、 $\theta_0 / 2$ ）だけワイヤ 1 4 の変位方向に傾けて設置される。このようにセンサを $\theta_0 / 2$ だけ傾けて設置すると、以下の理由により、ワイヤ 1 4 の変位量を精度良く測定することができる。

【 0 0 2 5 】

図 6 は、センサ 6 6 に対するワイヤ 1 4 の角度とセンサ 6 6 の感度との関係図である。同図に示すように、センサ 6 6 は、被検査体であるワイヤ 1 4 との角度が大きくなるほど、測定における感度が悪化する。たとえば、センサ 6 6 を傾けずに設置した場合、無負荷の状態（即ち角度 0）のワイヤ 1 4 は感度 a で測定されるが、基準値の負荷がかけられた（即ち角度 θ_0 ）のワイヤ 1 4 は、感度 c で測定される。このため、センサ 6 6 を傾けずに設置した場合には、基準値の負荷がかけられたワイヤ 1 4 を精度良く測定することができない。

【 0 0 2 6 】

本実施の形態のように、センサ 6 6 を $\theta_0 / 2$ だけ傾けて設置すると、センサ 6 6 とワイヤ 1 4 との角度差は、無負荷の状態と基準値の負荷がかけられた状態で最大の $\theta_0 / 2$ となる。したがって、センサ 6 6 は、ワイヤ 1 4 の変位量を感度 a ~ b の間で測定することができ、精度良く測定することができる。なお、センサ 6 6 の傾ける角度は、 $\theta_0 / 2$ に限定するものではなく、センサ 6 6 をワイヤ 1 4 の変位する方向に θ_0 以下の角度を設けて設置すれば、ワイヤ 1 4 の変位量の測定精度を向上させることができる。

【 0 0 2 7 】

図 7 は、センサ 6 6 の正面図であり、図 3 の A 矢視を示している。また、図 8 及び図 9 は、図 7 で示したセンサ 6 6 の平面図及び側面図である。

これらの図に示すように、センサ 6 6 は、スライド部材 6 8 に支持され、このスライド部材 6 8 は、前記取付板 6 2 に固定された凹状のガイド部材 7 0 によって矢印 7 2 方向にスライド自在に支持されている。スライド部材 6 8 の下部には、調節ツマミ 7 4 が回転自在に支持され、この調節ツマミ 7 4 の上端は、前記ガイド部材 7 0 に形成されたネジ穴 7 0 B に螺合している。これにより、調節ツマミ 7 4 を回動させると、調節ツマミ 7 4 のネジ穴 7 0 B に螺入した量の変化し、調節ツマミ 7 4 を支持するスライド部材 6 8 をガイド部材 7 0 に対してスライドさせることができる。

【 0 0 2 8 】

また、前記スライド部材 6 8 は、側面に一对のボルト 7 6、7 6 が螺着され、前記ガイド部材 7 0 には、このボルト 7 6、7 6 が係合する上下方向の長穴 7 0 C、7 0 C が形成されている。したがって、前記スライド部材 6 8 は、ボルト 7 6、7 6 を緩めることによってボルト 7 6 が長穴 7 0 C 内を動く範囲でスライド自在になり、ボルト 7 6、7 6 を締め込むことによってガイド部材 7 0 に固定される。このようにボルト 7 6 によってセンサ 6 6 は位置調節することができ、ワイヤ列 2 0 の下方の所定の位置に位置決めして設置される。これにより、センサ 6 6 は、無負荷状態でのワイヤ 1 4 A とセンサ 6 6 との距離が予め認識された所定の位置に配置することができ、センサ 6 6 でワイヤ 1 4 までの距離を測定することにより、ワイヤ 1 4 の変位量（撓み量）を求めることができる。

【 0 0 2 9 】

前記センサ 6 6 は、ワイヤ 1 4 との距離を測定するものであれば何でも良く、例えば、近接センサである渦電流型変位計が用いられる。この渦電流型変位計は、高周波電流の流れるコイルに導体を近づけると、渦電流が発生してコイルのインピーダンスが実効的に減少することを利用したものであり、上述したセンサ 6 6 の場合、円柱状の検出部 6 6 A に高周波電流の流れるコイルが内蔵されている。この検出部 6 6 A には、プラスチックやセラ

10

20

30

40

50

ミック等の非電導性材料で形成された筒状のカバー 78 が外嵌されている。カバー 78 は、その先端が検出部 66A の先端よりも突出するように取り付けられ、これにより、検出部 66A を変位したワイヤ 14 やスラリから保護することができる。また、前記カバー 78 は、非電導性材料で形成されているので、センサ 66 の測定に影響することなく、検出部 66A を保護することができる。

【0030】

また、前記センサ 66 は、ワイヤソー 10 に設けた制御部（図示せず）に信号ケーブル 66B を介して接続され、ワイヤ 14 が変位すると、それを感知した信号が電圧値の変動として制御部に出力される。制御部は、センサ 66 から電圧値の信号が出力されると、図 10 に示すデータテーブルに基づいて、電圧値の信号をワイヤ 14 の変位量に換算する。前記データテーブルは、前記ワイヤ 14 を変位させた際にその変位量に対してセンサ 66 の出力値がどのように変化するかを予め測定して作成される。このように予めデータテーブルを作成し、このデータテーブルに基づいてワイヤ 14 の変位量を補正するので、測定するワイヤ 14 の傾斜角度が変化する場合であっても、ワイヤ 14 の変位量を精度良く測定することができる。また、ワイヤ 14 のように検査面積の小さいものであってもワイヤ 14 の変位量を精度良く測定することができる。

【0031】

前記制御部は、ワイヤ 14 の変位量が測定されると、後述する数式でワイヤ 14 の切断負荷を演算し、この演算値と予め入力された基準値とを比較する。そして、制御部は、この比較結果に基づいてワークフィードテーブル 30 の駆動装置 33 にインゴットの送り速度を制御する信号を出力する。たとえば、ワイヤ 14 による切断負荷が基準値よりも大きい場合には、インゴットの送り速度を減少させる信号を出力し、切断負荷が基準値よりも小さい場合には、インゴットの送り速度を増加させる信号を出力する。ワイヤ 14 による切断負荷は、インゴットの送り速度とともに増減するので、上記の如く制御することにより、切断負荷を基準値にすることができる。なお、前記基準値は、インゴットを精度良く切断できる切断負荷を実験等により求め、予め制御部に入力される。

【0032】

次に、前記切断負荷を求めるための演算式について説明する。

図 11 は、演算式を説明する説明図である。

同図において、ワイヤ 14 による切断負荷を P 、無負荷（即ち、切断負荷 $P = 0$ ）の状態でのワイヤの張力を t 、センサ 66 でワイヤ 14 との距離を測定することにより求められるワイヤの変位量（無負荷の状態のワイヤからの変位量）を ε 、センサ 66 からグループローラ 18A の中心までの距離を A とすると、以下の（1）式が成立する。

【0033】

$$P / 2 : t = \varepsilon : A \quad \dots (1)$$

この（1）式より、 P を以下の（2）式で表すことができる。

$$P = 2 \varepsilon t / A \quad \dots (2)$$

ここで、 A 及び t は、予め測定可能な一定値なので、切断負荷 P は、ワイヤ 14 の変位量 ε を測定することにより求まる。

【0034】

なお、インゴットの最大直径部に接する垂線上のワイヤの撓み量（変位量）を δ_y 、インゴットの最大直径を D とすると、センサ 66 で求めた変位量 ε から撓み量 δ_y の値が次式により求まる。

$$\delta_y = \varepsilon (L - D) / 2 A \quad \dots (3)$$

したがって、精度良くインゴットを切断できるワイヤ 14 の撓み量が経験により認識されている場合には、（3）式を利用して変位量 ε を撓み量 δ_y に変換し、撓み量 δ_y を制御してもよい。

【0035】

また、切断負荷 P は、無負荷のワイヤ 14 A と負荷のかけられたワイヤ 14 C との角度 θ により、 $P = 2 t \cdot \tan \theta$ 、として求められるので、 θ を求めて制御してもよい。この場

10

20

30

40

50

合、センサ 66 を 2 個以上設置して θ を求めたり、センサ 66 として超音波センサや光センサを使用して θ を求めてもよい。

上記の如く構成された前記ワイヤソー 10 の作用は次の通りである。

【0036】

まず、インゴットをワークフィードテーブル 30 の下部に装着する。次に、モータ 28 を駆動してワイヤリール 12 を高速回転させるとともにモータ 26 を駆動してグループローラ 18C を高速回転させ、ワイヤ 14 を高速で往復走行させる。そして、ワイヤ 14 の走行が安定したところで、ワークフィードテーブル 30 を下降させ、走行するワイヤ列 20 にインゴットを押し当てる。この際、ワイヤ列 20 とインゴットとの接触部には、図示しないノズルからスラリが供給され、インゴットは、このスラリ中に含有される砥粒のラッピング作用で多数枚のウェーハに切断される。

10

【0037】

インゴットの切断中、ワイヤ列 20 を形成するワイヤ 14 は、インゴットの切断抵抗によって下方に撓んで（変位して）しまう。前記切断抵抗は、インゴットの形状に応じて変化し、たとえば、円柱状のインゴットを切断する場合、切断抵抗は、切断開始位置から切断中間位置にかけて増加し、その後は切断終了位置まで減少する。そして、ワークの切断抵抗が変化すると、その切断抵抗の変化に応じてワイヤ 14 の変位量も変化する。

【0038】

センサ 66 は、このワイヤ 14 の変位量を測定し、その測定値を制御部（図示せず）に出力する。

20

制御部は、まず、センサ 66 からワイヤ 14 の変位量が出力されると、上述した（2）式により切断負荷 P を演算する。そして、制御部は、演算された切断負荷 P と予め入力された基準値とを比較し、その比較結果に基づいてワークフィードテーブル 30 の昇降速度を調節する信号を駆動装置 33 に出力する。たとえば、切断負荷 P が基準値と等しい場合、インゴットの切断は適正に行われているので、インゴットの送り速度をそのまま維持する。また、切断負荷 P が基準値よりも大きい場合は、インゴットの送り速度を低下させ、切断負荷 P が基準値よりも小さい場合は、インゴットの送り速度を増加させる。切断負荷 P は、インゴットの送り速度とともに増減するので、上記の如く制御することにより、切断負荷 P を基準値に調整することができる。

【0039】

30

このように、第 1 の実施の形態のワイヤソー 10 では、常に適切な切断負荷 P_0 の下で加工を行うことができるので、インゴットを精度良く切断することができる。

また、第 1 の実施の形態のワイヤソー 10 では、ワイヤ 14 の撓み量から切断負荷 P を演算し、この切断負荷 P によりインゴットの送り速度を制御しているので、たとえばインゴットの材料の種類を変更した際にもその材料における適切な切断負荷を調べるだけで簡単に対応することができる。

【0040】

また、ワイヤソー 10 では、前記センサ 66 が、取付板 62 や支持柱 58 等を介してスピンドルブラケット 42 に支持されているので、センサ 66 をワイヤ列 20 に対して簡単に位置決めして配設することができる。さらにセンサ 66 を設置した取付板 62 がレバー 64 によって支持柱 58 に着脱自在に取り付けられているので、センサ 66 の取り付け及び取り外しを容易に行うことができる。これにより、センサ 66 の取り付け及び取り外しを必要とするワイヤ 14 の交換作業やグループローラ 18A ~ 18D の交換作業を効率良く行うことができる。

40

【0041】

また、ワイヤソー 10 では、センサ 66 で測定したワイヤ 14 の変位量を予め作成したデータテーブルに基づいて補正するので、傾斜角度の変化するワイヤ 14 を精度良く測定することができる。

次に本発明の第 2 の実施の形態のワイヤソーについて説明する。

図 12 及び図 13 は、第 2 の実施の形態のワイヤソーの主要部を示す正面図及び側面図で

50

ある。

【 0 0 4 2 】

これらの図に示すように、第 2 の実施の形態のワイヤソーは、センサ 6 6 がワイヤ列 2 0 を形成するワイヤ 1 4 の上方に配設されている。即ち、取付板 6 2 がワイヤ列 2 0 の上方に設置され、センサ 6 6 は、この取付板 6 2 に下向きに取り付けられている。また、センサ 6 6 は、取付板 6 2 にエアシリンダ等の昇降装置 8 2 (駆動手段及び退避手段に相当) を介して取り付けられ、該昇降装置 8 2 によって上下移動するように構成されている。即ち、センサ 6 6 を支持するガイド部材 8 4 は、支持部材 8 6 に取り付けられ、この支持部材 8 6 が昇降装置 8 2 のロッド 8 8 の先端に固定されている。また、昇降装置 8 2 には、図示しないエンコーダ (計測手段に相当) が設置され、前記センサ 6 6 の昇降量を測定できるように構成されている。

10

【 0 0 4 3 】

前記センサ 6 6、昇降装置 8 2 及びエンコーダは、信号ケーブルを介して制御部 (図示せず) に接続される。制御部は、センサ 6 6 及びエンコーダから測定値が出力されると、切断負荷 P を演算し、切断負荷 P が基準値になるようにインゴットの送り速度を調節する。また、制御部は、ワイヤ 1 4 とセンサ 6 6 との間隔が不適切である場合には、昇降装置 8 2 を駆動してセンサ 6 6 とワイヤ 1 4 との間隔を調節する。ここで、ワイヤ 1 4 とセンサ 6 6 との間隔が不適切である場合とは、センサ 6 6 からワイヤ 1 4 までの距離が遠過ぎて (または近過ぎて) センサ 6 6 がワイヤ 1 4 までの距離を精度良く測定できなくなった場合を示している。

20

【 0 0 4 4 】

なお、図 1 2 及び図 1 3 において、9 0 は昇降装置 8 2 のケーシングであり、9 2 はロッド 8 8 を昇降させる作動流体の配管であり、9 4 はセンサ 6 6 を上下に位置調節する調節ねじである。

前記の如く構成された第 2 の実施の形態のワイヤソーでは、制御部は、変位したワイヤに合わせて昇降装置 8 2 でセンサ 6 6 の位置を調節しながら、切断負荷が一定になるようにインゴットの送り速度を調節する。このように、ワイヤソーでは、変位したワイヤ 1 4 に合わせてセンサ 6 6 の位置を調節したので、センサ 6 6 は、ワイヤ 1 4 の変位を広い範囲で精度良く測定することができる。

【 0 0 4 5 】

また、第 2 の実施の形態のワイヤソーでは、切断が終了したインゴットをワイヤ列 2 0 から後退させる場合に、制御部が昇降装置 8 2 を制御して、センサ 6 6 とワイヤ 1 4 とを離間させる。これにより、後退させるインゴットに引きずられたワイヤ 1 4 がセンサ 6 6 に接触して、センサ 6 6 を傷つけることがない。

30

また、上述したワイヤソーでは、センサ 6 6 がワイヤ列 2 0 の上方に配設されているので、スラリがセンサ 6 6 の検出部 6 6 A に付着しにくく、ワイヤの変位量を精度良く測定することができる。

【 0 0 4 6 】

また、ワイヤソーでは、ワイヤ列 2 0 に対し、センサ 6 6 がインゴットの送り方向と反対方向に配設されているので、変位したワイヤ 1 4 がセンサ 6 6 に接触してセンサ 6 6 を損傷することがない。

40

なお、上述した実施の形態では、センサ 6 6 として渦電流型変位計を用いたが、これに限定するものではなく、ワイヤ 1 4 の変位量を測定できるのであれば何でも良い。例えば、超音波を利用したセンサ等を用いてワイヤ 1 4 の変位量を検出してもよい。

【 0 0 4 7 】

また、(2) 式から分かるように、ワイヤ 1 4 の変位量 ε が一定ならば、切断負荷 P も一定である。したがって、切断負荷 P を一旦、基準値に合わせた後は、ワイヤ 1 4 の変位量 ε を一定にするようにインゴットの送り速度を調節しても、インゴットを精度良く切断することができる。

また、上述した実施の形態では、取付板 6 0 の中央にセンサ 6 6 を取り付けただこれに限

50

定するものではなく、ワイヤ 14 の変位量を検出できるのであれば、何処に取り付けてもよい。

【0048】

また、上述した実施の形態では、遊離砥粒ワイヤソーの例で説明したが、これに限定するものではなく、固定砥粒ワイヤソーで用いてもよい。

【0049】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明のワイヤソーの制御方法及びワイヤソーによれば、ワイヤの変位量を測定し、測定したワイヤの変位量及びワイヤの初期張力に基づいて切断負荷を算出し、算出した切断負荷を基準値と比較してワークの送り速度を制御するので、切断負荷即ちワイヤの撓みの変動を抑えることができ、ワークを確実に精度良く切断することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係るワイヤソーの全体構成図

【図2】図1に示したブラケットの斜視図

【図3】本発明の主要構成部の平面図

【図4】図2に示した主要構成部の正面図

【図5】図3に示した主要構成部の側面図

【図6】センサの感度とワイヤの角度との関係図

【図7】図2に示したセンサの正面図

20

【図8】図7に示したセンサの側面図

【図9】図7に示したセンサの平面図

【図10】センサの出力値補正用のデータテーブル

【図11】制御負荷の演算方法を説明する説明図

【図12】本発明の第2の実施の形態のワイヤソーの主要部を示す正面図

【図13】図12に示した主要部の側面図

【符号の説明】

10 ... ワイヤソー

14 ... ワイヤ

18A ~ 18D ... グループローラ

30

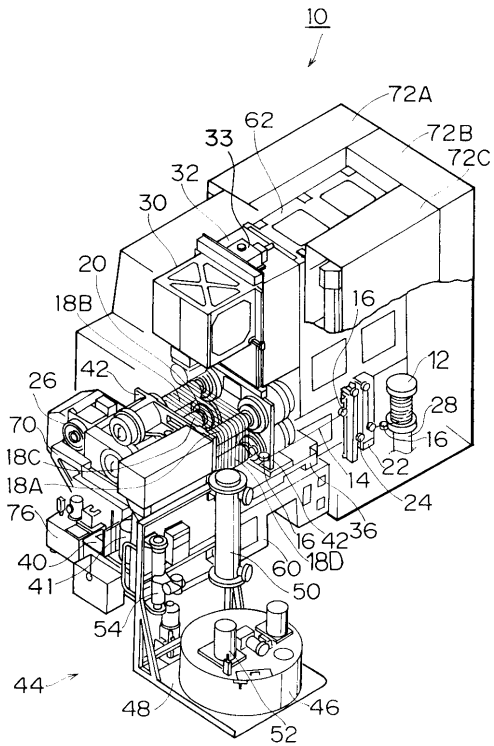
20 ... ワイヤ列

42 ... スピンドルブラケット

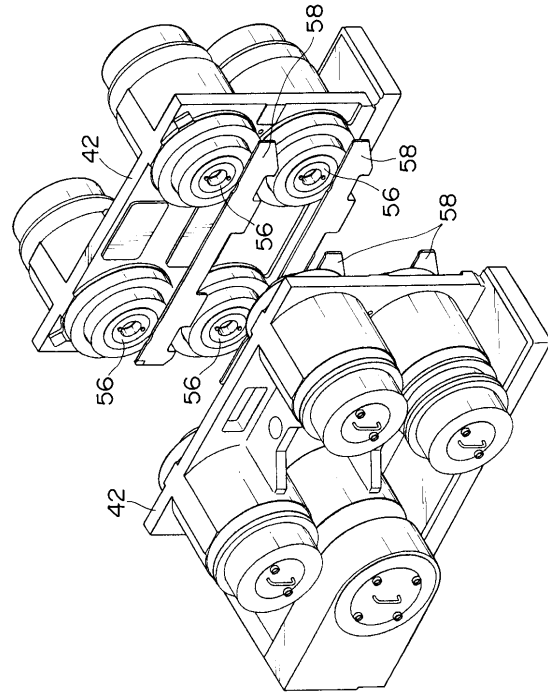
66 ... センサ

78 ... カバー

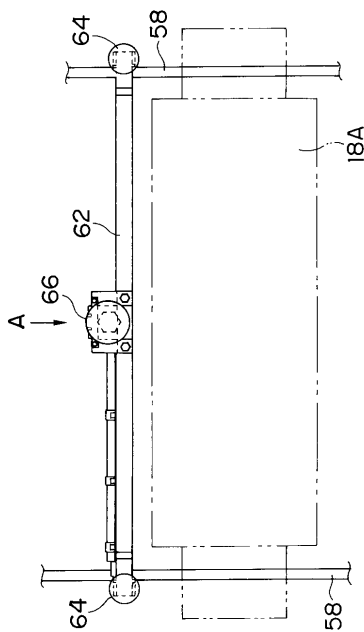
【図 1】



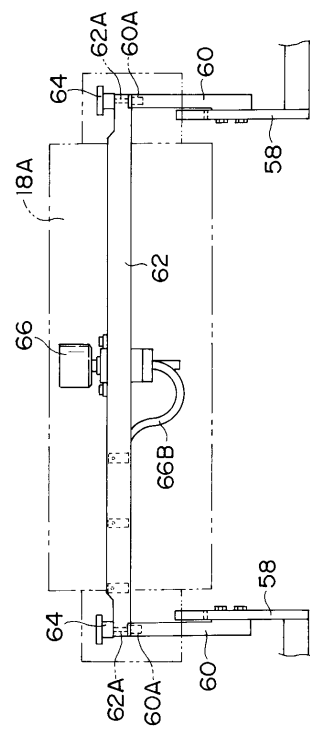
【図 2】



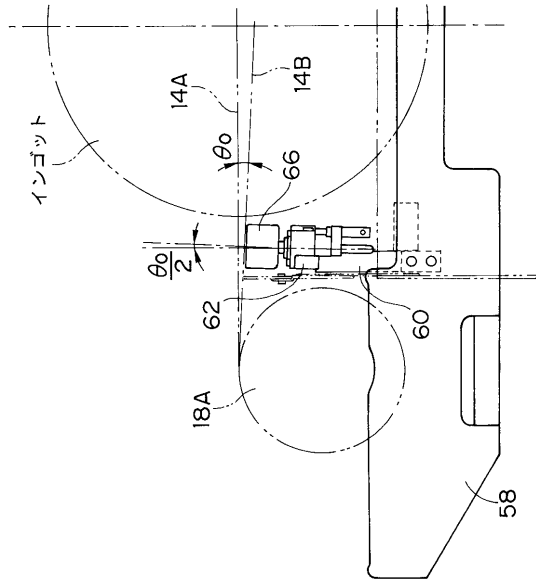
【図 3】



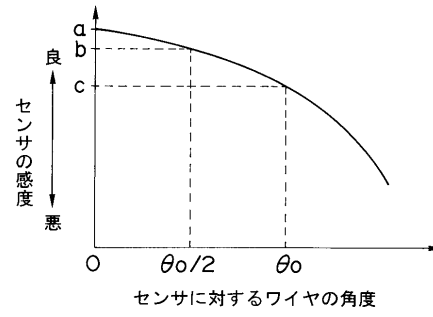
【図 4】



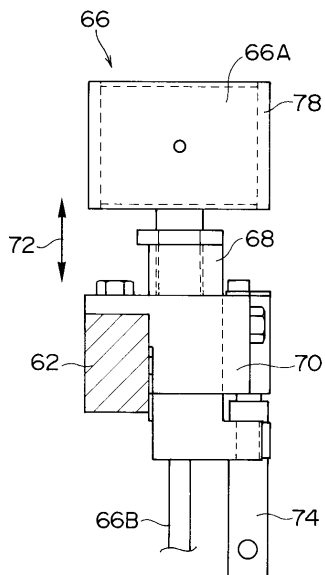
【図 5】



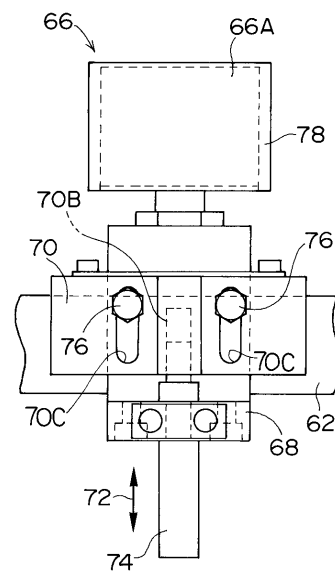
【図 6】



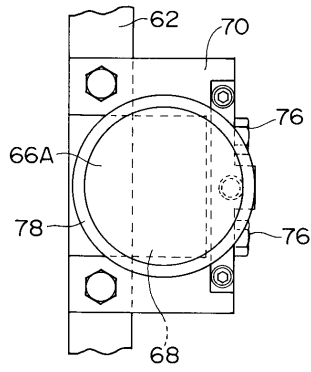
【図 7】



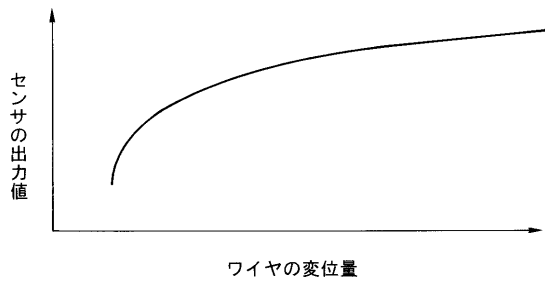
【図 8】



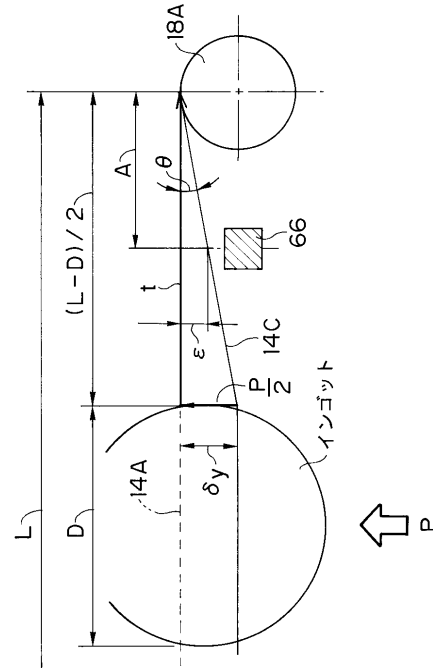
【図 9】



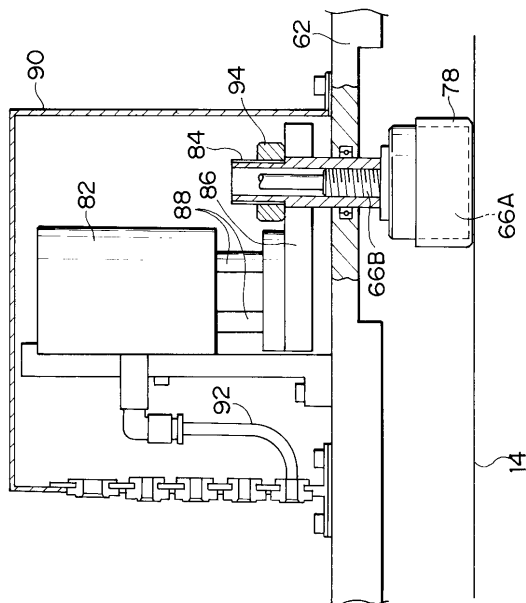
【図 10】



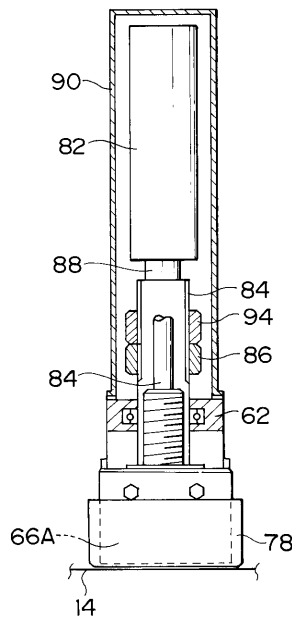
【図 11】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

- (72)発明者 大石 弘
群馬県安中市中野谷 5 5 5 番地の 1 株式会社スーパーシリコン研究所内
- (72)発明者 浅川 慶一郎
群馬県安中市中野谷 5 5 5 番地の 1 株式会社スーパーシリコン研究所内
- (72)発明者 松崎 順一
群馬県安中市中野谷 5 5 5 番地の 1 株式会社スーパーシリコン研究所内

審査官 金本 誠夫

- (56)参考文献 実開昭 6 3 - 0 9 7 4 4 9 (J P , U)
特開平 1 1 - 1 5 6 6 9 4 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 1 1 7 6 1 3 (J P , A)
特開平 0 9 - 3 0 0 3 4 3 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

B24B 27/06
B28D 5/04
H01L 21/304