

明 細 書

発明の名称： ワークの切断方法及びワイヤソー

技術分野

[0001] 本発明は、ワークの切断方法及びワイヤソーに関する。

背景技術

[0002] 従来、シリコンインゴットや化合物半導体インゴットなどからウェーハを切り出す手段として、ワイヤソーが知られている。このワイヤソーでは、複数のローラの周囲に切断用ワイヤが多数巻き掛けられることによりワイヤ列が形成されており、その切断用ワイヤが軸方向に高速駆動され、かつ、スラリが適宜供給されながら前記ワイヤ列に対してワークが切り込み送りされることにより、このワークが各ワイヤの位置で同時に切断されるようにしたものである（例えば、特許文献１参照）。

[0003] ここで、図６に、従来の一般的なワイヤソーの一例の概略図を示す。図６に示すように、このワイヤソー１０１は、主に、ワークＷ' を切断するためのワイヤ１０２、ワイヤ１０２を巻掛けた溝付ローラ１０３、１０３'、ワイヤ１０２を複数の溝付ローラ１０３、１０３' に巻掛けることで形成したワイヤ列１３０、ワイヤ１０２の張力を調整する張力調整機構１０４、切断されるワークＷ' を下方へ送り出すワーク送り機構１０５、切断時にスラリを供給するスラリ供給機構１０６で構成されている。

[0004] ワイヤ１０２は、一方のワイヤリール１０７から繰り出され、トラバーサ１０８、プーリー１０９、張力調整機構１０４を経て、溝付ローラ１０３、１０３' に３００～５００回程度巻掛けられた後、もう一方の張力調整機構１０４'、プーリー１０９'、トラバーサ１０８' を経てワイヤリール１０７' に巻き取られている。

[0005] また、溝付ローラ１０３、１０３' は鉄鋼製円筒の周囲にポリウレタン樹脂を圧入し、その表面に略一定のピッチで溝を切ったローラであり、巻掛けられたワイヤ１０２が溝付ローラ駆動モータ１１０によって、一方向あるい

は、予め定められた周期で往復方向に駆動できるようになっている。

[0006] また、図6のワークW'を下方へ送り出すワーク送り機構105は、図7に示す従来の一般的なワイヤソーで用いられるワーク保持手段のように、ワーク保持部112、ワークプレート113から構成されるワーク保持手段114を有しており、ワークプレート113には、ワークW'に貼り付けられた接合部材（ビーム）120を介してワークW'が接着される。

[0007] ワークW'の切断時には、ワーク送り機構105によってワークW'は保持されつつ押し下げられ、溝付ローラ103、103'に巻掛けられたワイヤ列130に送り出される。このようなワイヤソー101を用い、ワイヤ102に張力調整機構104を用いて適当な張力をかけて、駆動用モータ111、111'によりワイヤ102を往復方向に走行させながら、スラリ供給機構106からスラリを供給し、ワーク送り機構105でワークW'を切り込み送りすることでワークW'を切断する。

[0008] 一方、砥粒を含むスラリを使用せず、代わりにダイヤモンド砥粒等をワイヤの表面に固着した固定砥粒ワイヤを使用して、ワークを切断する方法も知られており、直径150mm程度以下の小直径インゴットの切断には一部で実用化している。

[0009] この固定砥粒ワイヤによる切断では、図6に示したワイヤソーの鋼線ワイヤの代わりに固定砥粒ワイヤを装着し、スラリを砥粒が含まれない冷却水などのクーラントに変えることで、一般的なワイヤソーをそのまま使用することができる。

先行技術文献

特許文献

[0010] 特許文献1：特開平9-262826号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] 固定砥粒ワイヤによる切断では、遊離砥粒を使用していないため、環境面

からも産業廃棄物が少ないという利点がある。また、加工速度が速いという利点もあり、遊離砥粒を利用したワイヤソーによる加工と比べて便利な点が多い。しかしながら、ワイヤソーでは、図6に示すように、溝付ローラ103、103'に巻掛けられた1本のワイヤ102に対しワークW'を押しつけて移動させて切断するため、切断終了時にワークW'はワークW'を押し付けたワイヤ102の下側へ位置している。そのため、ワークW'を取り出すためには、ワークW'を上方へ移動させることにより、ワイヤ102を、切断されてウェーハ状となったワークW'の間隙を通過させて相対的に下側へ引き抜く必要がある。

[0012] ワイヤを引き抜く際、遊離砥粒を用いたワイヤソーの場合は、図8(a)に示すように、遊離砥粒Gの幅の分だけワイヤ102とワークW'との間に隙間(クリアランス)ができるため、ワイヤ102の抜き取りは比較的容易であった。

[0013] しかし、図8(b)に示すように、固定砥粒を用いたワイヤソーの場合、固定砥粒ワイヤ402とワークW'の間には隙間が生じないため、固定砥粒ワイヤ402が抜け難い。さらに、固定砥粒ワイヤの固定砥粒自体が切断能力をもつため、固定砥粒ワイヤ402がワークW'に切り込んでいってしまい、固定砥粒ワイヤ402の引き抜きをより困難にしていた。よって、ワークW'に引っ掛かって固定砥粒ワイヤ402が浮き上がり、この状態で固定砥粒ワイヤ402を抜こうとすると、ワーク切断面がダメージを受けて当該切断面に、所謂、ソーマークが生じ、これによってWarpが悪化して品質を損なってしまう。固定砥粒ワイヤ402の浮き上がりがさらに大きくなった場合には、ワイヤ断線に至ることがある。ワイヤ断線が発生した場合には、固定砥粒ワイヤを溝付ローラに巻掛け直す手間が必要となり、また巻掛け直す分の固定砥粒ワイヤが余分に必要になるなど損失が大きい。

[0014] 本発明は前述のような問題に鑑みてなされたもので、ワーク切断後の固定砥粒ワイヤの引き抜きにおいて、ワークに固定砥粒ワイヤが引っ掛かってソーマークが生じたり、固定砥粒ワイヤの断線が発生したりすることがないワ

ークの切断方法及びワイヤソーを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0015] 上記目的を達成するために、本発明は、表面に砥粒が固着された固定砥粒ワイヤを、複数の溝付ローラに巻きかけることによってワイヤ列を形成し、前記固定砥粒ワイヤを軸方向に往復走行させながら、ワークに貼り付けられた接合部材を介してワーク保持手段で保持したワークを、前記ワイヤ列に対して切り込み送りすることによって、前記ワークを軸方向に並ぶ複数の箇所と同時に切断するワイヤソーによるワークの切断方法であって、

前記接合部材として、その一部が砥石であるものを用い、

前記ワークの切断終了後、かつ、前記ワイヤ列から前記ワークを引き抜く前に、前記砥石に前記ワイヤ列を押し付けて前記固定砥粒ワイヤを往復走行させ、前記固定砥粒ワイヤの固定砥粒を除去する固定砥粒除去工程を有し、

該固定砥粒除去工程における、前記固定砥粒ワイヤのワイヤ速度が 100 m/min 以下であり、かつ、前記ワイヤ列を前記砥石に押し付ける荷重が前記固定砥粒ワイヤ1本当たり 30 g 以上であることを特徴とするワークの切断方法を提供する。

[0016] このようなワークの切断方法であれば、ワークの切断終了後、かつ、ワイヤ列からワークを引き抜く前に、固定砥粒ワイヤ表面の固定砥粒を除去することにより、ワークとの間に隙間（クリアランス）を形成することができる。また、切断能力を持つ固定砥粒を除去することで、固定砥粒ワイヤがワークに切り込んでいくことを防止できる。これらにより、ワークを固定砥粒ワイヤに引っ掛けることなく引き抜くことができ、ワークに固定砥粒ワイヤが引っ掛かってソーマークが生じたり、固定砥粒ワイヤの断線が発生したりすることを避けることができる。

[0017] また、このとき、前記砥石として、WA砥石を用いることが好ましい。

[0018] このように、砥石としてWA（White Alundum）砥石を用いれば、固定砥粒ワイヤ表面の固定砥粒を効果的に除去可能であり、固定砥粒ワイヤの引っ掛かりの発生をより確実に防止しながら、ワークの引き抜きを

行うことができる。

[0019] また、上記記載のワークの切断方法であって、前記固定砥粒除去工程において前記固定砥粒ワイヤの固定砥粒を除去した部分で、前記ワイヤ列から前記ワークを引き抜くことが好ましい。

[0020] このようなワークの切断方法であれば、ワークを引き抜く箇所を、固定砥粒ワイヤ表面の固定砥粒を除去した部分とするため、固定砥粒ワイヤの引っ掛かりの発生をさらに確実に防止しながら、ワークの引き抜きを行うことができる。

[0021] また、本発明は、表面に砥粒が固着された固定砥粒ワイヤが、複数の溝付ローラに巻きかけられることによって形成されたワイヤ列と、ワークに貼り付けられた接合部材を介してワーク保持手段によりワークを保持しながら、前記ワークを前記ワイヤ列に押し当てるワーク送り機構とを具備し、前記固定砥粒ワイヤを軸方向に往復走行させながら、前記ワイヤ列に対して前記ワーク送り機構により前記ワークを切り込み送りすることにより、前記ワークを軸方向に並ぶ複数の箇所で同時に切断するワイヤソーであって、

前記接合部材は、その一部に砥石を有し、

前記砥石に前記ワイヤ列を押し付けて前記固定砥粒ワイヤを往復走行させて前記固定砥粒ワイヤの固定砥粒を除去する手段を具備し、

該固定砥粒を除去する時の前記固定砥粒ワイヤのワイヤ速度が 100 m/min 以下であり、かつ、前記ワイヤ列を前記砥石に押し付ける荷重が前記固定砥粒ワイヤ1本当たり 30 g 以上のものであることを特徴とするワイヤソーを提供する。

[0022] 本発明のワイヤソーは、固定砥粒ワイヤ表面の固定砥粒を除去する手段を具備するために、ワークとの間に隙間を形成し、かつ、切断能力を持つ固定砥粒を除去することが可能となり、固定砥粒ワイヤがワークに切り込んでいくことを防止できる。これらにより、ワークを固定砥粒ワイヤに引っ掛けることなく引き抜くことができ、ワークに固定砥粒ワイヤが引っ掛かってソーマークが生じたり、固定砥粒ワイヤの断線が発生したりすることを避けるこ

とができる。

[0023] また、このとき、前記砥石が、WA砥石であることが好ましい。

[0024] このようなものであれば、固定砥粒ワイヤ表面の固定砥粒を効果的に除去可能となり、固定砥粒ワイヤの引っ掛かりの発生をより確実に防止しながら、ワークの引き抜きを行うことができる。

[0025] また、上記記載のワイヤソーであって、前記固定砥粒を除去する手段により前記固定砥粒ワイヤの固定砥粒を除去した部分で、前記ワイヤ列から前記ワークを引き抜くよう制御する制御手段を具備するものであることが好ましい。

[0026] このようなものであれば、ワークを引き抜く箇所が、固定砥粒ワイヤ表面の固定砥粒が除去した部分となるよう制御する制御手段を具備するため、固定砥粒ワイヤの引っ掛かりの発生をさらに確実に防止しながら、ワークの引き抜きを行うことができる。

発明の効果

[0027] 以上のように、本発明のワークの切断方法及びワイヤソーであればワイヤ列からワークを引き抜く際に、ワークを固定砥粒ワイヤに引っ掛けることなく引き抜くことができ、ワークに固定砥粒ワイヤが引っ掛かってソーマークが生じたり、固定砥粒ワイヤの断線が発生したりすることを避けることができる。

図面の簡単な説明

[0028] [図1]本発明のワークの切断方法に用いることができるワイヤソーの一例を示す概略図である。

[図2] (a) ワークの切断終了時のワークと固定砥粒ワイヤの位置関係を示す図である。(b) ワイヤの引っ掛かり発生時のワークと固定砥粒ワイヤの状態を示す図である。(c) ワークの引き抜き終了時のワークと固定砥粒ワイヤの位置関係を示す図である。

[図3]本発明のワイヤソーのワーク保持手段の一例を示す概略図である。

[図4]実験例1、2で用いた、砥石を貼り付けた保持手段を示す概略図である

。

[図5] (a) 実験例 1 における往復運動のテスト前の固定砥粒ワイヤの S E M 観察結果である。(b) 実験例 1 における往復運動のテスト後の固定砥粒ワイヤの S E M 観察結果である。

[図6] 一般的なワイヤソーの一例を示す概略図である。

[図7] 一般的なワイヤソーのワーク保持手段の一例を示す概略図である。

[図8] (a) 遊離砥粒を用いたワイヤソーの場合(遊離砥粒方式)における、ワイヤの抜き取りを示す説明図。(b) 固定砥粒ワイヤを用いたワイヤソーの場合(固定砥粒方式)における、ワイヤの抜き取りを示す説明図。

[図9] 比較例で用いたワーク保持手段を示す概略図である。

発明を実施するための形態

[0029] 以下、本発明について実施の形態を説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。

[0030] 上記のように、固定砥粒ワイヤを用いてワークの切断を行う場合、ワイヤ列から切断後のワークを引き抜く場合に、固定砥粒ワイヤがワークに引っ掛かり、切断面にソーマークが生じたり、固定砥粒ワイヤが断線したりするという問題があった。

[0031] そこで、本発明者はこのような問題を解決すべく鋭意検討を重ねた。その結果、固定砥粒ワイヤには、例えばダイヤモンドのような非常に硬く、摩耗しにくい砥粒が使われているが、固定砥粒ワイヤの砥粒を十分に除去すれば、固定砥粒ワイヤがワークに引っ掛かることなくワークを引き抜くことができることを発見した。この発見から、ワーク切断後、砥石にワイヤ列を押し付けて固定砥粒ワイヤを往復走行することで、固定砥粒を除去する方法の発想に至り本発明を完成させた。

[0032] 即ち、本発明は、表面に砥粒が固着された固定砥粒ワイヤを、複数の溝付ローラに巻きかけることによってワイヤ列を形成し、前記固定砥粒ワイヤを軸方向に往復走行させながら、ワークに貼り付けられた接合部材を介してワーク保持手段で保持したワークを、前記ワイヤ列に対して切り込み送りする

ことによって、前記ワークを軸方向に並ぶ複数の箇所と同時に切断するワイヤソーによるワークの切断方法であって、

前記接合部材として、その一部が砥石であるものを用い、

前記ワークの切断終了後、かつ、前記ワイヤ列から前記ワークを引き抜く前に、前記砥石に前記ワイヤ列を押し付けて前記固定砥粒ワイヤを往復走行させ、前記固定砥粒ワイヤの固定砥粒を除去する固定砥粒除去工程を有し、

該固定砥粒除去工程における、前記固定砥粒ワイヤのワイヤ速度が 100 m/min 以下であり、かつ、前記ワイヤ列を前記砥石に押し付ける荷重が前記固定砥粒ワイヤ1本当たり 30 g 以上であることを特徴とするワークの切断方法である。

[0033] また、本発明は、表面に砥粒が固着された固定砥粒ワイヤが、複数の溝付ローラに巻きかけられることによって形成されたワイヤ列と、ワークに貼り付けられた接合部材を介してワーク保持手段によりワークを保持しながら、前記ワークを前記ワイヤ列に押し当てるワーク送り機構とを具備し、前記固定砥粒ワイヤを軸方向に往復走行させながら、前記ワイヤ列に対して前記ワーク送り機構により前記ワークを切り込み送りすることにより、前記ワークを軸方向に並ぶ複数の箇所と同時に切断するワイヤソーであって、

前記接合部材は、その一部に砥石を有し、

前記砥石に前記ワイヤ列を押し付けて前記固定砥粒ワイヤを往復走行させて前記固定砥粒ワイヤの固定砥粒を除去する手段を具備し、

該固定砥粒を除去する時の前記固定砥粒ワイヤのワイヤ速度が 100 m/min 以下であり、かつ、前記ワイヤ列を前記砥石に押し付ける荷重が前記固定砥粒ワイヤ1本当たり 30 g 以上のものであることを特徴とするワイヤソーである。

[0034] まず、本発明のワークの切断方法に用いることができるワイヤソーについて、図1を参照して説明する。図1に示すように、本発明のワイヤソー1は、ワークWを切断するための固定砥粒ワイヤ2、固定砥粒ワイヤ2を巻掛けた溝付ローラ3、3'、固定砥粒ワイヤ2を複数の溝付ローラ3、3'に巻

掛けることで形成したワイヤ列30、固定砥粒ワイヤ2の張力を調整する張力調整機構4、ワークに貼り付けられた接合部材20を介してワーク保持手段によりワークを保持しながら、切断されるワークWを下方へ送り出すワーク送り機構5、切断時に冷却水などのクーラントを供給するクーラント供給機構6で構成されている。

[0035] 固定砥粒ワイヤ2は、一方のワイヤリール7から繰り出され、トラバーサ8、プーリー9、張力調整機構4を経て、溝付ローラ3、3'に300～500回程度巻掛けられた後、もう一方の張力調整機構4'、プーリー9'、トラバーサ8'を経て、ワイヤリール7'に巻き取られている。

[0036] このようなワイヤソー1は、固定砥粒ワイヤ2をその軸方向に往復走行させながら、ワイヤ列30に対してワークWを切り込み送りすることにより、ワークWを軸方向に並ぶ複数の箇所と同時に切断する。固定砥粒ワイヤ2の往復走行は、複数の溝付ローラ3、3'間に巻回された固定砥粒ワイヤ2を一方向へ所定の長さ前進させた後に、他方向へ前述の前進量よりも少ない長さ後退させ、これを一送りサイクルとして、このサイクルを繰り返すことにより、ワイヤを一方向へ送り出す等の方法により行われる。溝付ローラ3'は、巻掛けられた固定砥粒ワイヤ2が、溝付ローラ駆動モータ10によって予め定められた周期で往復方向に駆動できるようになっている。

[0037] また、図2の(a)、(c)は、それぞれワークの切断終了時とワーク引き抜き終了時のワークWと溝付ローラ203、203'に巻掛けられた固定砥粒ワイヤ202の位置関係を示した図である。図2(a)に示したように、切断終了時には、ワークWがワイヤ列よりも下側へ位置している。そのため、ワークWを取り出すには、ワークWを上方へ移動させることにより、切断されてウェーハ状となったワークのウェーハ間の隙間を通過させて、固定砥粒ワイヤ202を相対的に下側へ引き抜く必要がある。

[0038] しかし、従来の固定砥粒ワイヤを用いたワイヤソーの場合、固定砥粒ワイヤ202とワークWとの間にはクリアランスが生じないため(図8の(b)参照)、固定砥粒ワイヤ202がワークWに引っ掛かって、図2(b)に示

すように浮き上がり、ワークWの切断面にソーマークが生じたり、ワイヤ断線が発生したりする。

[0039] 図3に本発明のワイヤソーで用いることができるワーク保持手段を示す。本発明のワイヤソーは、接合部材20の一部に砥石21を有し、砥石21にワイヤ列を押し付けて固定砥粒ワイヤを往復走行させて固定砥粒ワイヤの固定砥粒を除去する手段を更に具備している。なお、ワーク保持手段14はワーク保持部12及びワークプレート13から構成されたものとして行うことができる。また、接合部材20は樹脂22等によってワークWを接着することができる。また、固定砥粒を除去する手段は、ワーク送り機構5を用いてワイヤ列30を砥石21に押し付ける手段等として行うことができる。

[0040] また、本発明のワイヤソーは、固定砥粒を除去する時の前記固定砥粒ワイヤのワイヤ速度が100m/min.以下であり、かつ、前記ワイヤ列を前記砥石に押し付ける荷重が前記固定砥粒ワイヤ1本当たり30g以上のものである。

[0041] このような本発明のワイヤソー1であれば、固定砥粒ワイヤ2表面の固定砥粒を除去する手段を具備するために、ワークWとの間に隙間を形成し、かつ、切断能力を持つ固定砥粒を除去することが可能となり、固定砥粒ワイヤ2がワークWに切り込んでいくことを防止できる。これらにより、ワークWを固定砥粒ワイヤ2に引っ掛けることなく引き抜くことができ、ワークWに固定砥粒ワイヤ2が引っ掛かってソーマークが生じたり、固定砥粒ワイヤの断線が発生したりすることを避けることができるものとなる。

[0042] ここで、本発明のワイヤソー1における砥石は、固定砥粒ワイヤ2の固定砥粒を除去できるものであれば特に限定されるものではないが、WA砥石であることが好ましい。このようなものであれば、固定砥粒ワイヤ2表面の固定砥粒を効果的に除去可能となり、固定砥粒ワイヤ2の引っ掛かりの発生をより確実に防止しながら、ワークWの引き抜きを行うことができる。

[0043] また、本発明のワイヤソー1は、固定砥粒を除去する手段により固定砥粒ワイヤ2の固定砥粒を除去した部分で、ワイヤ列30からワークWを引き抜

くよう制御する制御手段を具備するものであることが好ましい。このようなものであれば、制御手段が、ワークWを引き抜く箇所が、固定砥粒ワイヤ2表面の固定砥粒が除去した部分となるよう制御するため、固定砥粒ワイヤ2の引っ掛かりの発生をさらに確実に防止しながら、ワークWの引き抜きを行うことができる。

[0044] 続いて、本発明のワークの切断方法を、上記本発明のワイヤソーを用いる場合を例に説明する。まず、図1に示すように、表面に砥粒が固着された固定砥粒ワイヤ2を複数の溝付ローラ3、3'に巻掛けることによってワイヤ列30を形成する。続いて、固定砥粒ワイヤ2を溝付ローラ駆動モータ10によって、固定砥粒ワイヤ2の軸方向に往復走行させる。そして、固定砥粒ワイヤ2に張力調整機構4、4'を用いて適当な張力をかけて、駆動用モータ11、11'により固定砥粒ワイヤ2を往復方向に走行させながら、クーラント供給機構6から供給されたクーラントを供給し、ワーク送り機構5によって、ワイヤ列30に対して円柱状のワークWを切り込み送りすることにより、ワークWを軸方向に並ぶ複数の箇所と同時に切断する。

[0045] 本発明のワークの切断方法では、ワークWの切断終了後、かつ、ワイヤ列30からワークWを引き抜く前に、ワークWとワーク保持手段14の間に設けられた接合部材20の砥石21にワイヤ列30を押し付けて固定砥粒ワイヤ2を往復走行させ、固定砥粒ワイヤ2の固定砥粒を除去する固定砥粒除去工程を有する。

[0046] このようなワークの切断方法であれば、ワークの切断終了後、かつ、ワイヤ列からワークを引き抜く前に、固定砥粒ワイヤ表面の固定砥粒を除去することにより、ワークとの間に隙間（クリアランス）を形成することができる。また、切断能力を持つ固定砥粒を除去することで、固定砥粒ワイヤがワークに切り込んでいくことを防止できる。これらにより、ワークを固定砥粒ワイヤに引っ掛けることなく引き抜くことができ、ワークに固定砥粒ワイヤが引っ掛かってソーマークが生じたり、固定砥粒ワイヤの断線が発生したりすることを避けることができる。

実施例

[0047] 以下、実験例、実施例及び比較例を用いて本発明を具体的に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

[0048] (実験例 1)

本発明のワイヤソーと同様のワイヤソーを用い、ワイヤ列を砥石に押し付けて固定砥粒ワイヤを往復運動させた場合のワイヤ外径変化を調査した。このとき、図 4 に示すような、砥石 2 2 1 が貼り付けられたプレート 2 1 3 と保持部 2 1 2 とからなる保持手段 2 1 4 を用いた。また、固定砥粒としてダイヤモンド砥粒が固着された固定砥粒ワイヤを用いた。使用した固定砥粒ワイヤ、砥石、及び、テスト共通条件を下記の表 1 に示す。

[0049] [表1]

固定砥粒ワイヤ	芯線径	0.140mm
	ダイヤモンド砥粒	10～20μm
	ワイヤ外径（公称）	0.174mm
	砥粒固着方法	ニッケル電着
砥石	種類	WA
	番手	#200
テスト共通条件	ワイヤ張力	25N
	クーラント液種	水＋グリコールの混合物
	クーラント流量	150L/min.
	クーラント温度	23℃

[0050] 図 4 のように、プレート 2 1 3 にエポキシ系接着剤で砥石 2 2 1 を貼り付けて、固定砥粒ワイヤ 2 0 2 を砥石 2 2 1 に押し付ける荷重を 1 2 0 g / 本、ワイヤ往復回数を 4 0 0 回とした時に、ワイヤ速度を 1 0 ～ 4 0 0 m / m i n . に変化させた。

[0051] 表 2 に、ワイヤ速度 1 0 0 m / m i n . のワイヤ外径減少量を 1 0 0 とした時の相対値として、実験例 1 の結果を示す。

[0052]

[表2]

ワイヤ速度 [m/min.]	10	88
	50	97
	100	100
	200	断線発生
	400	断線発生

100m/min.の時の
ワイヤ外径減少量を100
とした相対値

[0053] 表2の結果より、ワイヤ速度が100m/min.を超えると断線が発生することがわかった。また、往復運動のテスト前後の固定砥粒ワイヤのSEM観察結果を図5に示す。図5から、往復運動のテスト後（図5（b））は、往復運動のテスト前（図5（a））の固定砥粒ワイヤからダイヤモンド砥粒Hが除去され、固定砥粒ワイヤの芯線Iのみが観測された。このため、ワイヤ外径が減少しているのは、固定砥粒ワイヤ表面のダイヤモンド砥粒Hが除去されたためであることが明らかとなった。

[0054] （実験例2）

実験例1と同様のワイヤソーを用い、ワイヤ列を砥石に押し付けて固定砥粒ワイヤを往復運動させた場合のワイヤ外径変化を調査した。使用した固定砥粒ワイヤ、砥石、及び、テスト共通条件を下記の表3に示す。砥石の貼付の形態は実験例1と同じである（図4）。

[0055]

[表3]

固定砥粒ワイヤ	芯線径	0.140mm
	ダイヤモンド砥粒	10～20 μ m
	ワイヤ外径（公称）	0.174mm
	砥粒固着方法	ニッケル電着
砥石	種類	WA
	番手	#200
テスト共通条件	ワイヤ張力	25N
	クーラント液種	水＋グリコールの混合物
	クーラント流量	150L/min.
	クーラント温度	23℃
	ワイヤ速度	100m/min.

[0056] 実験例１の結果を受けて、ワイヤ速度を１００ｍ／ｍｉｎ．に固定し、固定砥粒ワイヤを砥石に押し付ける荷重とワイヤ往復回数を変化させた。

[0057] 表４に、固定砥粒ワイヤを砥石に押し付ける荷重を１２０ｇ／本、かつ、ワイヤ往復回数を４００回の場合のワイヤ外径減少量を１００とした時の相対値として、実験例２の結果を示す。

[0058] [表4]

		ワイヤ往復回数 [回]		
		400	800	3000
ワイヤを砥石に 押し付ける荷重 [g/本]	10	3	5	12
	30	21	38	101
	60	47	85	102
	120	100	103	—
	240	105	108	—

ワイヤを砥石に押し付ける荷重 120g/本、かつ、
ワイヤ往復回数 400 回.の時の
ワイヤ外径減少量を 100 とする

[0059] 表４の結果より、固定砥粒ワイヤを砥石に押し付ける荷重が３０ｇ／本以上でないと、ワイヤ線径は減少しない、すなわち、ダイヤモンド砥粒が十分に除去されないことが明らかとなった。また、荷重が１２０ｇ、２４０ｇの場合に、ワイヤ往復回数を増やしてもワイヤ外径減少量がほとんど変わらな

かったことから、ダイヤモンド砥粒除去後のワイヤ芯線の摩耗は進行しにくく、本発明の実施中での断線の可能性は非常に低いといえる。

[0060] (実施例及び比較例)

実施例として、本発明のワイヤソー及びワークの切断方法を用いて、ワークの切断及びワーク引き抜きを行った。また、比較例として、通常のワーク切断方法を用いてワークの切断及びワーク引き抜きを行った。これらの実施例及び比較例で切断するワークとしては、直径約301mmの円柱状シリコン単結晶インゴットを用いた。表5に実施例及び比較例のテスト条件を示す。

[0061] [表5]

		実施例	比較例
ワーク	直径	301mm	
接合部材	材料	樹脂+WA 砥石	樹脂
	砥石番手	#200	—
	接着剤	エポキシ系樹脂	
溝付ローラ	ローラピッチ	1001μm	
固定砥粒ワイヤ	芯線径	0.140mm	
	ダイヤモンド砥粒	10~20μm	
	ワイヤ外径（公称）	0.174mm	
	砥粒固着方法	ニッケル電着	
クーラント	液種	水+グリコールの混合物	
	流量	150L/min.	
	温度	23℃	
ワーク切断時の条件	ワイヤ張力	25N	
	ワイヤ走行速度	最高 1500m/min.	
砥石にワイヤを押し付けて往復運動させる条件	ワイヤ張力	25N	—
	ワイヤ走行速度	100m/min.	—
	ワイヤの砥石への押し付け荷重	120g/本	—
	ワイヤ往復回数	400 回	—
引き抜き時の条件	ワイヤ張力	25N	
	ワイヤ速度	最大 5m/min.	

[0062] 実施例では、図3に示すように、樹脂22とワークプレート13の間に砥

石 2 1 を配した。一方で、比較例では、図 9 に示すように、ワークプレート 1 1 3 に接合部材として樹脂 1 2 2 のみを接着した。ワーク W、W' は、エポキシ系接着剤で接合部材と貼り合わせた。

[0063] 実施例では、ワーク切断後に、砥石に固定砥粒ワイヤを押し付けて往復運動をさせてからワークの引き抜きを行った。比較例では、ワーク切断後すぐにワークの引き抜きを行った。表 6 に実施例及び比較例の結果を示す。

[0064] [表6]

	断線の有無	ソーマークの有無
実施例	断線無し	ソーマーク無し
比較例	断線有り	ソーマーク有り

[0065] 実施例及び比較例の結果、表 6 のように、実施例では、ワークの引き抜き時に固定砥粒ワイヤの断線は発生せず、また、切り出されたウェーハの主表面にはソーマークは確認されなかった。一方で、比較例では、引き抜き時に固定砥粒ワイヤの断線が発生し、また、切り出されたウェーハの主表面にはソーマークが確認された。

[0066] 以上の実験例、実施例、比較例の結果から、本発明のワイヤソー及びワークの切断方法であれば、ワークを固定砥粒ワイヤに引っ掛けることなく引き抜くことができ、ワークに固定砥粒ワイヤが引っ掛かってソーマークが生じたり、固定砥粒ワイヤの断線が発生したりすることを避けることができることが明らかとなった。

[0067] なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。

請求の範囲

- [請求項1] 表面に砥粒が固着された固定砥粒ワイヤを、複数の溝付ローラに巻きかけることによってワイヤ列を形成し、前記固定砥粒ワイヤを軸方向に往復走行させながら、ワークに貼り付けられた接合部材を介してワーク保持手段で保持したワークを、前記ワイヤ列に対して切り込み送りすることによって、前記ワークを軸方向に並ぶ複数の箇所と同時に切断するワイヤソーによるワークの切断方法であって、
- 前記接合部材として、その一部が砥石であるものを用い、
- 前記ワークの切断終了後、かつ、前記ワイヤ列から前記ワークを引き抜く前に、前記砥石に前記ワイヤ列を押し付けて前記固定砥粒ワイヤを往復走行させ、前記固定砥粒ワイヤの固定砥粒を除去する固定砥粒除去工程を有し、
- 該固定砥粒除去工程における、前記固定砥粒ワイヤのワイヤ速度が 100 m/min 以下であり、かつ、前記ワイヤ列を前記砥石に押し付ける荷重が前記固定砥粒ワイヤ1本当たり 30 g 以上であることを特徴とするワークの切断方法。
- [請求項2] 前記砥石として、WA砥石を用いることを特徴とする請求項1に記載のワークの切断方法。
- [請求項3] 請求項1又は請求項2に記載のワークの切断方法であって、前記固定砥粒除去工程において前記固定砥粒ワイヤの固定砥粒を除去した部分で、前記ワイヤ列から前記ワークを引き抜くことを特徴とするワークの切断方法。
- [請求項4] 表面に砥粒が固着された固定砥粒ワイヤが、複数の溝付ローラに巻きかけられることによって形成されたワイヤ列と、ワークに貼り付けられた接合部材を介してワーク保持手段によりワークを保持しながら、前記ワークを前記ワイヤ列に押し当てるワーク送り機構とを具備し、前記固定砥粒ワイヤを軸方向に往復走行させながら、前記ワイヤ列に対して前記ワーク送り機構により前記ワークを切り込み送りするこ

とにより、前記ワークを軸方向に並ぶ複数の箇所と同時に切断するワイヤソーであって、

前記接合部材は、その一部に砥石を有し、

前記砥石に前記ワイヤ列を押し付けて前記固定砥粒ワイヤを往復走行させて前記固定砥粒ワイヤの固定砥粒を除去する手段を具備し、

該固定砥粒を除去する時の前記固定砥粒ワイヤのワイヤ速度が 100 m/min 以下であり、かつ、前記ワイヤ列を前記砥石に押し付ける荷重が前記固定砥粒ワイヤ1本当たり 30 g 以上のものであることを特徴とするワイヤソー。

[請求項5] 前記砥石が、WA砥石であることを特徴とする請求項4に記載のワイヤソー。

[請求項6] 請求項4又は請求項5に記載のワイヤソーであって、前記固定砥粒を除去する手段により前記固定砥粒ワイヤの固定砥粒を除去した部分で、前記ワイヤ列から前記ワークを引き抜くよう制御する制御手段を具備するものであることを特徴とするワイヤソー。