

明 細 書

発明の名称：ワークの切断方法

技術分野

[0001] 本発明は、ワイヤソーを用いてワークをウェーハ状に切断する方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、半導体インゴットなどの硬脆材のワーク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ワイヤが多数巻掛けられることによりワイヤ列が形成されており、そのワイヤが軸方向に高速駆動され、かつ、加工液が適宜供給されながら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位置で同時に切断されるようにしたものである。

[0003] ワイヤソーには遊離砥粒方式によるワイヤソーと、固定砥粒方式によるワイヤソーがある。遊離砥粒式ワイヤソーでは砥粒を懸濁した加工液が用いられ、固定砥粒式ワイヤソーでは砥粒が固着されたワイヤが用いられることが特徴である。

ここで、図3に、一般的なワイヤソーの概要を示す。

図3に示すように、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を巻掛けした溝付きローラ103、ワイヤ102に張力を付与するためのワイヤ張力付与機構104、104'、ワークWをワイヤ2の上方から下方へと送り出すワーク送り手段105、切断時に加工液を供給する加工液供給手段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、トラバーサを介してパウダクラッチ（定トルクモータ）やダンサローラ（デッドウェイト）（不図示）等からなる張力付与機構104を経て、溝付きローラ103に入っている。ワイヤ102がこの溝付きローラ103に300～400回程度巻掛けられることによってワイヤ列が形成される。ワイヤ102はもう

一方の張力付与機構 104' を経てワイヤリール 107' に巻き取られている。

[0005] 溝付きローラ 103 は鉄鋼製円筒の周囲にポリウレタン樹脂を圧入し、その表面に複数の溝を切ったローラであり、巻掛けられたワイヤ 102 が、駆動用モータ 110 によって予め定められた走行距離で往復方向に駆動できるようになっている。

ワーク W の切断時には、ワーク送り手段 105 によって、ワーク W を保持しつつ押し下げ、溝付きローラ 103 に巻掛けされたワイヤ 102 の方向に送り出す。

溝付きローラ 103、巻掛けられたワイヤ 102 の近傍にはノズル 111 が設けられており、温度が調整された加工液を加工液供給手段 106 からワイヤ 102 に供給できるようになっている。

[0006] このようなワイヤソー 101 を用い、ワイヤ 102 にワイヤ張力付与機構 104 を用いて適当な張力をかけて、駆動用モータ 110 によりワイヤ 102 を往復方向に走行させながら、ワーク送り手段 105 によって保持されたワーク W を往復走行するワイヤ 102 に押し当てて切り込み送りし、ワーク W をウェーハ状に切断する。

近年、半導体デバイスに用いられるウェーハにおいて、ナノトポグラフィと呼ばれる表面うねり成分を小さくすることが求められている。切断後のスライスウェーハでは、ナノトポグラフィは静電容量型測定器で測定した擬似的なナノトポグラフィ（以降、疑似ナノトポグラフィと呼ぶ）として評価されることがある（特許文献 1 参照）。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献 1：特開 2008-78473 号公報

特許文献 2：特開平 9-300343 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 例えば、ダイヤモンド砥粒を電着等で固着させたワイヤが用いられた固定砥粒式ワイヤソーによって大口径のシリコンインゴットを切断する場合、遊離砥粒式ワイヤソーによる切断に比べ、切断時間は大幅に短縮できるものの、切断後のウェーハの形状品質、特にナノトポグラフィが著しく劣ることが知られている。これは、切断中のシリコン屑を排出させたり、ワークの切断部を冷却したりするための加工液が、切断が進んで切断長が長くなるにつれて十分に供給されなくなることによる。

特許文献2には、切断中にワークを所定量L1だけ前進させ、戻し量L2だけ戻す動作を行うことで加工液を切断部により多く供給する方法が記載されている。

[0009] しかし、特許文献2にはL1及びL2の具体的な規定がなく、特にL2を少量とした場合、上記の加工液を十分に供給する効果は期待できない。また、L2を大きくし過ぎると、ウェーハの厚さむらであるTTV (Total Thickness Variation) が悪化するなどの悪影響が生じる。

本発明は前述のような問題に鑑みてなされたもので、砥粒が固着されたワイヤを用いたワイヤソーによるワークの切断において、ワークの切断品質、特にナノトポグラフィを改善可能な切断方法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

[0010] 上記目的を達成するために、本発明によれば、砥粒が固着されたワイヤを複数の溝付きローラに巻掛けし、前記ワイヤを軸方向に往復走行させ、前記ワイヤに加工液を供給しつつ、前記往復走行するワイヤにワークを押し当てて切り込み送りすることで前記ワークをウェーハ状に切断するワークの切断方法であって、前記ワークを切り込み送り方向に5mm以上、30mm以下の送り量で切り込み送りした後、前記ワークを前記切り込み送り方向とは逆の方向に、前記送り量の1/4以上、送り量未満で、かつ前記ワークの切り込み送り方向の長さの1/15以下の後退量だけ戻す工程を繰り返して前記

ワークを切断することを特徴とするワークの切断方法が提供される。

[0011] このようなワークの切断方法であれば、切断中のワークが切り込み送り方向に対して前進及び後退を繰り返すため、ワークの切断部への加工液の供給、及び切り粉の排出を促進できる。これにより、TTVの悪化を抑制しつつ、ナノトポグラフィを改善できる。

発明の効果

[0012] 本発明では、砥粒が固着されたワイヤを用いたワイヤソーによるワークの切断において、ワークを切り込み送り方向に5 mm以上、30 mm以下の送り量で切り込み送りした後、ワークを切り込み送り方向とは逆の方向に、送り量の $1/4$ 以上、送り量未満で、かつワークの切り込み送り方向の長さの $1/15$ 以下の後退量だけ戻す工程を繰り返してワークを切断するので、ワークの切断部への加工液の供給、及び切り粉の排出を促進でき、ワークの切断品質、特にナノトポグラフィやTTVを改善できる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明のワークの切断方法で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]ワーク切断中のワーク切り込み比の一例を示す図である。

[図3]一般的なワイヤソーを示す概略図である。

発明を実施するための形態

[0014] 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。

従来、ワイヤソーを用いたワークの切断において、ワーク切断部に加工液を十分に供給するため、ワークを送り量 L_1 で切り込み送りした後、その切り込み送り方向とは逆方向にワークを後退量 L_2 だけ戻す方法が知られているが、ワークの切断品質を向上するための具体的な送り量及び後退量の規定は知られていない。

そこで、本発明者は、ワークの切断品質、特にナノトポグラフィ品質を大幅に向上するための送り量及び戻し量を具体的に規定し、本発明を完成させ

た。

[0015] 本発明のワークの切断方法で用いることができるワイヤソーの一例の概略について説明する。

図1に示すように、ワイヤソー1は、主に、ワークWを切断するためのワイヤ2、溝付きローラ3、ワイヤ2に張力を付与するためのワイヤ張力付与機構4、4'、ウェーハ状に切断されるワークWを保持しつつ切り込み送りするためのワーク送り手段5、切断時にワイヤ2に加工液を供給するための加工液供給手段6等で構成されている。ワイヤ2には砥粒が金属又は樹脂にて固着されている。

[0016] ワイヤ2は、一方のワイヤリール7から繰り出され、トラバーサを介してパウダクラッチ（定トルクモータ）やダンサローラ（デッドウェイト）等からなるワイヤ張力付与機構4を経て、溝付きローラ3に入っている。この溝付きローラ3は鉄鋼製円筒の周囲にポリウレタン樹脂を圧入し、その表面に所定のピッチで溝を切ったローラである。

ワイヤ2が複数の溝付きローラ3に300～400回程度巻掛けられることによってワイヤ列が形成される。ワイヤ2はもう一方のワイヤ張力付与機構4'を経てワイヤリール7'に巻き取られている。このように巻掛けられたワイヤ2が駆動用モータ10によって往復走行できるようになっている。

[0017] 加工液供給手段6はタンク8、チラー9、ノズル11等から構成される。ノズル11はワイヤ2が溝付きローラ3に巻掛けられることで形成されたワイヤ列の上方に配置されている。このノズル11はタンク8に接続されており、供給される加工液はチラー9により供給温度が制御されてノズル11からワイヤ2に供給される。

[0018] ワークWはワーク送り手段5によって保持される。このワーク送り手段5はワークWをワイヤの上方から下方に押し下げることによって、ワークWを往復走行するワイヤ2に押し当てて切り込み送りするものである。この際、コンピュータ制御で予めプログラムされた送り速度で所定の送り量だけ保持したワークWを送り出すように制御することが可能である。また、ワークW

の送り出し方向を逆転させることでワークWを切り込み送り方向とは逆方向に送ることができる。このとき、ワークWの後退量も制御可能である。

[0019] 本発明のワークの切断方法は、このようなワイヤソーを用いてワークWをウェーハ状に切断するワークの切断方法であり、上記のような砥粒が固着されたワイヤを用いることで切断時間を大幅に短縮できる。

まず、ワーク送り手段5によりワークWを保持する。そして、ワイヤ2に張力を付与して往復走行させる。

次に、加工液供給手段6によりワイヤ2に加工液を供給しつつ、ワーク送り手段5によりワークWを往復走行するワイヤ2に押し当てて切り込み送りさせ、ワークWを切断していく。ここで、加工液として、例えば純水などの冷却液を用いることができる。

[0020] ワークの切断の際には、ワークWを切り込み送り方向に5 mm以上、30 mm以下の送り量で切り込み送りした後、ワークWを切り込み送り方向とは逆の方向に、送り量の $1/4$ 以上、送り量未満で、かつワークWの切り込み送り方向の長さの $1/15$ 以下の後退量だけ戻す工程を繰り返す。

図2にワーク切断中のワーク切り込み比の一例を示す。ここで、ワーク切り込み比はワークの切り込み送り方向の長さに対する切断開始位置からワイヤ切り込み位置までの距離の比を示すものである。

[0021] 送り量の上限値の30 mmは疑似ナノトポグラフィの凹凸周期の半周期とほぼ等しい値である。この上限値以下で後退動作に入る、すなわちワークを切り込み送り方向とは逆の方向に戻すことにより、疑似ナノトポグラフィ値を改善できる。なお、直径150 mm以上の円筒状のシリコンインゴットの場合、疑似ナノトポグラフィの凹凸周期は直径に依存しないことが分かっている。

送り量が下限値の5 mmを下回る場合は、切り込み送りと後退動作の繰り返し回数が増大し、切断時間が増加するので、経済的な観点から現実的ではない。

[0022] また、後退量を送り量の $1/4$ 以上とすることで、ワーク切断部に加工液

を十分に供給できる。供給された加工液はワイヤによってワークの切断部に運ばれるが、ワークの後退動作によってワーク切断部とワイヤとの間に隙間ができることで十分な量の加工液を供給できる。ワークの切断を進めるために、後退量は送り量未満である必要がある。

後退量をワークWの切り込み送り方向の長さの $1/15$ 以下とすることで、ワークの後退動作により発生するワークの再切断による影響を十分に抑制でき、TTVの悪化を抑制できる。ここで、ワークが円筒状のインゴットの場合、ワークの切り込み送り方向の長さとはワークの直径のことを表す。

[0023] このように、送り量及び後退量を規定し、ワークWを規定送り量で切り込み送りした後、ワークWを切り込み送り方向とは逆の方向に、規定後退量だけ戻す工程を繰り返してワークWを切断することで、ワーク切断部へ加工液を十分に供給でき、切り粉の排出を促進できる。これにより、TTVの悪化を抑制しつつ、ナノトポグラフィを大幅に改善できる。

[0024] なお、ここでは、図1に示すようなワイヤソーのワーク送り手段を用い、ワークをワイヤの上方から下方に送るようにして切り込み送りしているが、本発明のワークの切断方法はこれに限定されず、ワークの切り込み送りはワークを相対的に押し下げることにより行われれば良い。すなわち、ワークWを下方に送るのではなく、ワイヤ列を上方へと押し上げることによって、ワークWの切り込み送りを行うようにしても良い。この場合、ワークを後退動作させるにはワイヤ列を下方へと押し下げることによって行われる。

[0025] ワイヤ2に付与する張力の大きさや、ワイヤ2の走行速度等の切断条件は適宜設定することができる。例えば、ワイヤの走行速度を、 $400 \sim 800 \text{ m/min}$ とすることができる。また、ワークを切り込み送りさせる時の切り込み送り速度を、例えば $0.2 \sim 0.4 \text{ mm/min}$ とすることができる。しかし、これらの条件は本発明を限定するものではない。

実施例

[0026] 以下、本発明の実施例及び比較例を示して本発明をより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。

[0027] (実施例 1)

図 1 に示すようなワイヤソーを用い、直径 300 mm、長さ 200 mm のシリコンインゴットをウェーハ状に切断し、切断後のウェーハの疑似ナノトポグラフィを評価した。

ワイヤとして、ダイヤモンド砥粒を電着で固着させたものを用いた。切断条件を表 1 に示す。また、ワークの送り速度は切り込み送り方向へ 0.5 mm/min、後退速度は 500 mm/min とした。そして、切断中のワークの送り量を 20、25、30 mm と変化させ、後退量を 9 mm と固定した。

疑似ナノトポグラフィの結果を表 2 に示す。表 2 に示すように、疑似ナノトポグラフィは、送り量が 20、25、30 mm の場合に対し、それぞれ 0.91、1.10、1.36 μm であった。これに対し、後述する比較例 1-3 では、それぞれ 1.66、1.74、1.82 μm であり、実施例 1 の疑似ナノトポグラフィは大幅に改善されていることが分かった。

[0028] (実施例 2)

送り量を 5、10、15 mm と変化させ、後退量を 3.8 mm と固定した条件以外、実施例 1 と同様の条件でシリコンインゴットを切断し、実施例 1 と同様に評価した。

疑似ナノトポグラフィの結果を表 2 に示す。表 2 に示すように、疑似ナノトポグラフィは、送り量が 5、10、15 mm の場合に対し、それぞれ 1.19、1.10、1.02 μm であった。これに対し、後述する比較例 1-3 では、それぞれ 1.66、1.74、1.82 μm であり、実施例 2 の疑似ナノトポグラフィは大幅に改善されていることが分かった。

[0029] (実施例 3)

送り量を 20 mm と固定し、後退量を 5、10、15、19 mm と変化させた条件以外、実施例 1 と同様の条件でシリコンインゴットを切断し、実施例 1 と同様に評価した。

疑似ナノトポグラフィの結果を表 2 に示す。表 2 に示すように、疑似ナノ

トポグラフィは、後退量が5、10、15、19 mmの場合に対し、それぞれ0.91、0.88、1.10、1.22 μm であった。これに対し、後述する比較例1－3では、それぞれ1.66、1.74、1.82 μm であり、実施例3の疑似ナトポグラフィは大幅に改善されていることが分かった。

[0030] (実施例4)

送り量を30 mmと固定し、後退量を10、15、20 mmと変化した条件以外、実施例1と同様の条件でシリコンインゴットを切断し、切断後のウェーハのTTVの悪化率を評価した。なお、悪化率の算出は後退量のない比較例3の切断条件から得られたTTVを基準とした。実施例4におけるこれら後退量はワークの切り込み送り方向の長さ300 mmの1/15以下の値である。

結果を表3に示す。表3に示すように、TTVの悪化率は1%以下と無視できる程度であった。一方、後退量がワークの切り込み送り方向の長さ300 mmの1/15以下の値を超えた、後述する比較例4では、TTVの悪化率が3.6%と悪化が顕在化した。

[0031] (比較例1)

送り量を34 mmとし、後退量を7 mmとした条件以外、実施例1と同様の条件でシリコンインゴットを切断し、実施例1と同様に評価した。

疑似ナトポグラフィの結果を表2に示す。表2に示すように、疑似ナトポグラフィは1.66 μm であり、実施例1－3の結果と比べ大幅に悪化してしまった。このように、送り量が30 mmを超えると疑似ナトポグラフィの凹凸周期の半周期を超えてしまうため、後述する後退動作のない切断方法で切断した比較例3の結果とそれほど変わらない値となる。

[0032] (比較例2)

送り量を10 mmとし、後退量を1.5 mmとした条件以外、実施例1と同様の条件でシリコンインゴットを切断し、実施例1と同様に評価した。

疑似ナトポグラフィの結果を表2に示す。表2に示すように、疑似ナト

トポグラフィは $1.74\mu\text{m}$ であり、実施例1－3の結果と比べ大幅に悪化してしまった。このように、後退量が送り量の $1/4$ 未満の場合、加工液の供給促進効果が得られず、後述する後退動作のない切断方法で切断した比較例3の結果とそれほど変わらない値となる。

[0033] (比較例3)

後退動作を一切行わずにワークを切り込み送りして切断し、実施例1と同様に評価した。他の切断条件は実施例1と同様とした。

疑似ナノトポグラフィの結果を表2に示す。表2に示すように、疑似ナノトポグラフィは $1.82\mu\text{m}$ であり、実施例1－3の結果と比べ大幅に悪化してしまった。

[0034] (比較例4)

後退量を 25mm とした条件以外、実施例4と同様の条件でシリコンインゴットを切断し、実施例4と同様に評価した。

その結果、TTVの悪化率が 3.6% と実施例4の結果と比べ大幅に悪化してしまった。このように後退量がワークの切り込み送り方向の長さの $1/15$ を超える場合、加工液の供給促進効果の他に、ワークの再切断によるウェーハの薄化が発生し、TTVに影響を与えてしまう。

[0035] 表2に、実施例1－3、比較例1－3における送り量と後退量の条件及び結果をまとめたもの示す。表3に実施例4、比較例4の条件及び結果をまとめて示す。

以上から、本発明のワークの切断方法は、ワークの切断品質、特にナノトポグラフィを改善できることが確認できた。

[0036] [表1]

		切断条件
ワーク ワイヤ	インゴット径	$\phi 300\text{mm}$
	ワイヤ径	0.14mm
	砥粒径	$12\text{--}25\mu\text{m}$ (電着)
	ワイヤ張力	25N
	新線供給量	$4\text{m}/\text{min}$
	正回転サイクル	60sec
	ワイヤ線速	$750\text{m}/\text{min}$

[0037] [表2]

	送り量 (mm)	後退量 (mm)	疑似ナノレベルラフ (μm)
実施例1	20	9	0.91
	25	9	1.10
	30	9	1.36
実施例2	5	3.8	1.19
	10	3.8	1.10
	15	3.8	1.02
実施例3	20	5	0.91
	20	10	0.88
	20	15	1.10
	20	19	1.22
比較例1	34	7	1.66
比較例2	10	1.5	1.74
比較例3	—	—	1.82

[0038] [表3]

	実施例4			比較例4
後退量 (mm)	10	15	20	25
TTV悪化率 (%)	0.6	0.3	0.5	3.6

[0039] 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]

砥粒が固着されたワイヤを複数の溝付きローラに巻掛けし、前記ワイヤを軸方向に往復走行させ、前記ワイヤに加工液を供給しつつ、前記往復走行するワイヤにワークを押し当てて切り込み送りすることで前記ワークをウェーハ状に切断するワークの切断方法であって、

前記ワークを切り込み送り方向に5 mm以上、30 mm以下の送り量で切り込み送りした後、前記ワークを前記切り込み送り方向とは逆の方向に、前記送り量の $1/4$ 以上、送り量未満で、かつ前記ワークの切り込み送り方向の長さの $1/15$ 以下の後退量だけ戻す工程を繰り返して前記ワークを切断することを特徴とするワークの切断方法。