

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4106130号
(P4106130)

(45) 発行日 平成20年6月25日(2008.6.25)

(24) 登録日 平成20年4月4日(2008.4.4)

(51) Int.Cl. F 1
B 2 8 D 5/02 (2006.01) B 2 8 D 5/02 C

請求項の数 3 (全 10 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平10-199677 (22) 出願日 平成10年6月29日(1998.6.29) (65) 公開番号 特開2000-15625(P2000-15625A) (43) 公開日 平成12年1月18日(2000.1.18) 審査請求日 平成17年6月16日(2005.6.16)</p> <p>特許法第30条第1項適用 平成10年3月20日 社 団法人日本機械学会発行の「第27回学生員卒業研究発 表講演会講演論文集」に発表</p>	<p>(73) 特許権者 390023467 石川 憲一 石川県金沢市額新保3-272-5 (73) 特許権者 000236687 不二越機械工業株式会社 長野県長野市松代町清野1650番地 (74) 代理人 100078673 弁理士 西 孝雄 (72) 発明者 石川 憲一 石川県金沢市額新保3丁目272-5 (72) 発明者 諏訪部 仁 石川県石川郡野々市町扇が丘7の1 金沢 工業大学内</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 硬脆材料の切断方法及び内周刃切断装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

高い張力で張った内周刃ブレード(4)を高速回転させて、内周刃ブレード(4)の中心側から外周側に硬脆材料(8)を送って切断する硬脆材料の切断方法において、内周刃ブレード(4)の砥粒層(11)に対して硬脆材料(8)が接離する方向でかつ内周刃ブレード(4)の回転方向(A)と同方向の円振動(B)を与えることを特徴とする、硬脆材料の切断方法。

【請求項2】

内周刃ブレード(4)を高張力状態で保持するリング(2),(3)と、このリングを中心軸回りに高速回転させるスピンドル(1)と、ワークを保持するワークホルダ(48)と、このワークホルダを内周刃ブレード(4)の半径方向に送る送り装置(23)とを備えた内周刃切断装置において、送り装置(23)とワークホルダ(48)との間に内周刃ブレード(4)に対してワークを接離させる方向でかつ内周刃ブレード(4)の回転方向(A)と同方向の円振動を与える加振装置(33)を介在させたことを特徴とする、内周刃切断装置。

【請求項3】

加振装置(33)が内周刃ブレード(4)の面直角方向に配置した回転軸(36)と、この回転軸の下端に偏心させて設けた偏心ピン(42)と、偏心ピンに回転自在に設けた偏心リング(44)と、偏心リングの自転を防止するスライドクランク(46)を備えていることを特徴とする、請求項2記載の内周刃切断装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】

この発明は、硬脆材料の切断、特に単結晶インゴットからシリコンウエハを製造するのに好適な切断装置に関し、特に内周部にダイヤモンド砥粒を固着した内周刃ブレードを用いる切断方法及び切断装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

単結晶インゴットからシリコンウエハを製造する方法として、高い張力で張った薄刃の内周刃ブレードを高速回転させて切断するものが知られている。この方法は、極薄ブレードで大口径のインゴットを加工することができ、材料損失が少なく、厚さの薄いシリコンウエハを製造することができ、しかも加工能率が高いという利点がある。

10

【0003】

従来の内周刃ブレードを用いる切断方法は、スピンドルの上端に設けたトップリング及びボトムリングで、内周部にダイヤモンド砥粒を電着させたドーナツ状のステンレス製の内周刃ブレードの内周縁を高張力状態で保持し、駆動装置でスピンドルを中心軸回りに高速回転させると共に、送り装置のワークホルダで単結晶インゴットを保持して、ワークホルダを内周刃ブレードの中心側から外周側に送って単結晶インゴットを切断するものである。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、従来の装置で製造されたシリコンウエハは、厚さむら（うねり）や反り（バウ）があって、そのままでは表面精度が粗く、集積回路の生産には利用できない。そこで切断後のシリコンウエハを遊離砥粒を研磨材にしてラッピング加工やポリシング加工等の研磨加工を施して、均一な厚さで鏡面状態のシリコンウエハに加工される。集積回路の基板に用いるときは、このような後加工を避けることができないのであるが、研磨加工時における加工量をできるだけ少なくして生産能率を高めるためには、切削加工時の精度をなるべく高くする必要がある。また、ラッピング加工では厚さむら（うねり）を修復できるが、反り（バウ）を除去できないので、後加工後にも反りがシリコンウエハに残ってしまうという問題があり、切断加工で反りが生じないようにすることが重要である。

20

【0005】

このような問題に対応する方法として、単結晶インゴットを低速で自転させながら切削部に送るといった回し切り法が提唱されているが、この回り切り法ではシリコンウエハにいわゆる「へそ」が生じるという欠点がある。

30

【0006】

本発明は、へそがなく厚さが均一で反りのないシリコンウエハを高効率で生産することができる、内周刃切断方法及び装置を提供することを目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するためのこの発明の硬脆材料の切断方法は、高い張力で張った内周刃ブレード4を高速回転させて、内周刃ブレード4の中心側から外周側に硬脆材料8を送って切断する硬脆材料の切断方法において、内周刃ブレード4の砥粒層11に対して硬脆材料8が接離する方向の振動を与えるというものである。

40

【0008】

硬脆材料8に与える振動は内周刃ブレード4の回転方向Aと同方向の円振動Bである。

【0009】

また、この発明の硬脆材料の切断装置は、内周刃ブレード4を高張力状態で保持するリング2、3と、このリングを中心軸回りに高速回転させるスピンドル1と、ワークを保持するワークホルダ48と、このワークホルダを内周刃ブレード4の半径方向に送る送り装置23とを備えた内周刃切断装置において、送り装置23とワークホルダ48との間に内周刃ブレード4に対してワークを接離させる方向でかつ内周刃ブレード4の回転方向Aと同方向の円振動Bを与える加振装置33を介在させたものである。

50

【 0 0 1 0 】

請求項3の発明は、上記手段を備えた硬脆材料の切断装置において、加振装置33が内周刃ブレード4の面直角方向に配置した回転軸36と、この回転軸の下端に偏心させて設けた偏心ピン42と、偏心ピンに回転自在に設けた偏心リング44と、偏心リングの自転を防止するスライドクランク46とを備えていることを特徴とするものである。

【 0 0 1 1 】

【作用】

請求項1記載の切断方法は、切断加工時に単結晶インゴットに振動を与えて内周刃ブレードに対して単結晶インゴットを接離させるので、切削抵抗を軽減させることができる。

【 0 0 1 2 】

切断中に偏磨耗などによって内周刃ブレードが変形しても、振動によって単結晶インゴットから離隔した時に、ブレードがもとの形に戻り、したがって巨視的にみれば内周刃がいつも一定の形で単結晶インゴットを切断することとなり、切断面のうねりやバウを軽減することができる。また、離隔時に切削液に伴って切粉が排出されるので、単結晶インゴットの切込量を大きくすることができ、切断能率を高めることができる。

【 0 0 1 3 】

請求項1記載の切断方法は、内周刃ブレードの回転方向Aと同方向の円振動Bを与えながら切断するものであるから、シリコンウエハにへそが生じるのを防止することができる。

【 0 0 1 4 】

請求項2記載の切断装置は、送り装置とワークホルダとの間に介在した加振装置によって、ワークに円振動を与えることができ、請求項1記載の切断方法を効率よく実施することができる。

【 0 0 1 5 】

請求項3記載の切断装置は、偏心ピンを有する回転軸を内周刃ブレードの面直角方向に配置したので、ワークホルダに円振動を与えることができる。

【 0 0 1 6 】

【発明の実施の形態】

図1及び図2は、本発明方法の一実施形態を示すものである。実施に使用する切断装置は、底面中心に鉛直方向のスピンドル1が固定されたボトムリング2とこれと同径のトップリング3とを備えている。内周刃ブレード4をスピンドル1と同軸にして、その外周縁をボトムリングとトップリング3との間に介装し、トップリングの外径側にねじ込んだ締結ボルト5の先端を内周刃ブレードの外周縁に設けた透孔6に挿通したあと、その突出端をボトムリング2に螺合して内周刃ブレードの外周縁をボトムリングとトップリングとで挟持する。トップリングの内径側に螺合した押下ボルト7を操作して、内周刃ブレード4に所望の張力を与えたものである。一方、単結晶インゴット8を加振装置のワークホルダに固定して、内周刃ブレードの内側に切断しようとする厚さ分だけ下げた位置に単結晶インゴットを設置する。なお切削部の上流側に加工液を連続的に供給するノズル9を設けておく。

【 0 0 1 7 】

内周刃ブレード4を高速で矢印A方向に回転させると共に加振装置のワークホルダで単結晶インゴット8に矢印B方向に円振動を与えながら内周刃ブレードの半径方向Cに切込み送りを与える。ノズル9から加工液を矢印D方向に連続供給しながら、単結晶インゴット8を内周刃ブレード4に近づけて切削する。

【 0 0 1 8 】

図2は切削部の詳細を示したものである。単結晶インゴット8が内周刃ブレードのダイヤモンド砥粒層11に押圧されているときは、砥粒層11によってインゴット8の切削が行われており、切粉12は砥粒層11のダイヤモンドチップ13のポケット14に溜まる(図2(a))。単結晶インゴット8が砥粒層11から離れると、加工液15がダイヤモンドチップ13を洗浄して切粉12をポケット14から外に吐き出す。したがって、再び砥

10

20

30

40

50

粒層 11 にシリコンインゴットが押圧されたときの切削動作が円滑に行われる。また、単結晶インゴット 8 が砥粒層 11 から離れると、切削反力によって変形していた内周刃ブレードがもとの平坦な状態に復旧する。

【 0 0 1 9 】

図 3 及び図 4 は本発明の内周刃切断装置を示したものである。前記のスピンドル 1 は基枠 16 の左側に設けられており、このスピンドル 1 の上面に設けたボトムリング 2 及びトップリング 3 を包囲するように防水カバー 17 が配置されている。防水カバーの上面一か所には加工液を供給するノズル 9 が設けられており、防水カバー 17 で集められた加工液は貯留タンク 18 に集められ、ろ過されて供給タンク 19 に移送される。供給タンクの加工液は、ノズル 9 を介して切削部に噴射される。

10

【 0 0 2 0 】

基枠 16 の右側にはスライドベース 21 が固着されている。スライドベースの上面には X 軸方向レール 22 を介して X 軸テーブル 23 が設けられている。X 軸テーブルはストロークパネルによって移動が制御されており、任意の速度で移動させることができる。なお、X 軸テーブル 23 は、スライドベースに設けた手動のハンドル 25 によっても移動させることができる。X 軸テーブルの左側には垂直方向（Z 軸方向）の支持柱 26 が固着され、中央にはコントロールパネル 27 が固着されている。支持柱の左側側面には Z 軸方向レール 28 が固着されており、この Z 軸方向レールを介して Z 軸テーブル 29 が設けられている。支持柱 26 の上端に設けたエアシリンダ 31 がコンプレッサ 32 からの圧縮空気によって作動して、Z 軸テーブル 29 を上下動させる。Z 軸テーブルの下端に加振装置 33 が固設されている。

20

【 0 0 2 1 】

図 4 は加振装置を示したものである。加振装置 33 は矩形の枠体 34 を備えており、枠体の右側下部にはベアリング 35 を介して垂直方向の回転軸 36 が装着されている。枠体 34 の左側上面にはモータ 37 が駆動軸を下方に向けて固着されており、駆動軸の駆動プーリ 38 と回転軸の上端の従動プーリ 39 とがベルト 41 によって連結されている。回転軸の下端には偏心ピン 42 が設けられており、偏心ピンにベアリング 43 を介して偏心リング 44 が装着されている。偏心ピンの下端にある振幅調整キー 45 を操作して振幅量を変化させることができる。偏心リングの左側周面には水平方向のクランクロッド 46 が設けられており、下面には上下に突起 47、47 を有するコ字形のホルダ 48 が固着されている。枠体の左側下面には回転軸 36 の方向に延びるガイドレール 49 を介してスライダ 51 が装着されており、スライダ 51 とクランクロッドの先端とが自在継手 52 によって連結されている。クランクロッド 46 は、円振動を妨げないようにして偏心リング 44 の自転を防止している。

30

【 0 0 2 2 】

ワークホルダ 48 の上下の突片 47、47 にリン青銅製のバネ板 53 が 2 枚上下に平行に配置されており、リン青銅バネ板の中央にワーク固定台 54 が設けられている。リン青銅製バネ板 53 に取り付けられた歪みゲージ 40 によって切削反力が計測できる。切削反力はバネ板に垂直方向の張力を与えるので、この張力の大きさと歪みゲージによって測定する（以下「垂直方向荷重」という）。ワークホルダ 48 は、ワーク固定台 54 にシリコンインゴット 8 を固着した状態で下動したときに、内周刃ブレード 4 と干渉しない位置に設置されている。切断加工を行うときは、コントロールパネル 27 で内周刃ブレードの仕様や寸法、回転速度、シリコンインゴットの送り速度などを入力する。次にエポキシ系接着剤でシリコンインゴット 8 をワーク台 54 に接着し、エアシリンダ 31 を作動して Z 軸テーブル 29 を下降して、ワークホルダ及びシリコンインゴットの下部を内周刃ブレード 4 の中に入れ、内周刃ブレードの平面より所定寸法（スライス幅）だけ下方に位置させる。スピンドル 1 を高速回転して内周刃ブレードを A 方向（図 1 参照）に回転すると共に、加振装置のモータ 37 を駆動して回転軸 36 を回転させてワークホルダを介してシリコンインゴットに B 方向（図 1 参照）の円振動を与える。ストロークパネル 24 を操作して X 軸テーブル 23 を右移動させて、シリコンインゴットに切込み送りを与える。送り量は切削

40

50

量が一定になるように設定する。

【 0 0 2 3 】

【実施例】

上記装置を用いて表 1 の切削条件で工作物としてシリコンインゴットに代えて、表 2 記載のピアレックスガラスの切断加工を行った。

【 0 0 2 4 】

【表 1】

切削条件

内周刃ブレード	仕様	SD 50/70 μ m	10
	寸法 : D	ϕ 203.8 \times 0.3 mm	
ブレード周速		1100 m/min	
送り速度	: X	10~40 mm/min	
振動数	: f	0.5~2.0 Hz	
振幅	: a	0.293 mm	
工作物		ピアレックスガラス	20
	寸法 : d	ϕ 46 \times 50 mm	
加工液	仕様	水溶性研削液ネオクール G2	
		(50 : 1)	
	流速 : V (流量 : Q)	加工液供給用ノズル	
		27.9 m/min ($351.2 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{min}$)	
		ブレード洗浄用ノズル	
		25.8 m/min ($324.7 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{min}$)	30

【 0 0 2 5 】

【表 2】

上記パイレックスガラスの組成及び性質

組成	SiO ₂	wt%	80.9	10
	B ₂ O ₃	wt%	12.7	
	Al ₂ O ₃	wt%	2.3	
	Na ₂ O	wt%	4.0	
	K ₂ O	wt%	0.04	
	Fe ₂ O ₃	wt%	0.03	
性質	軟化点	K	1094	20
	比重		2.23	
	ビッカース硬さ	HV	612	
	ヤング係数	GPa	62.7	
	ポアソン比		0.20	
	引張り強さ	MPa	68.6	
	圧縮強さ	GPa	2.35	

【0026】

図5は切断送り速度を30mm/minとした場合における工作物切込量と垂直方向荷重の関係を示したものである。各々のプロット()はそれぞれ振動数が0、0.5、1.0、1.5、2.0Hzの場合を示している。同図より無振動切断時及び振動切断時ともに工作物切込量が約20mmをピークとした凸形になっている。これは内周刃ブレードと工作物が円形であることに起因しており、工作物の切込量が工作物直径の中央付近(工作物切込量が約20mm)において、ブレードと工作物の接触弧長が最大となるためである。振動切断は無振動切断に比べて、工作物の切込量が同じであれば垂直方向荷重、すなわち切削反力が小さいことが分かる。

30

【0027】

図6は振動数と垂直方向荷重の関係を示すグラフである。同図において、縦軸上のプロットは無振動時を表し、その他のプロットは振動切断時を表している。また、各々のプロット()はそれぞれ切断送り速度が10、20、30、40mm/minの場合を表している。これより、無振動切断時に比較して振動切断の方が垂直方向荷重は減少していることが分かる。この理由としては、振動切断時において、図2に示すように、切断加工中の工作物とブレードの間には分離・接触現象を伴い、分離時には加工部に空隙ができることから、加工液の流入出が容易になるためであると考えられる。また、このことに起因して、砥粒の冷却効果や切粉の排出性が向上するためであると考えられる。また、振動数を0.5Hz以上に増加させても垂直方向荷重は若干減少しているが、0.5Hz以上に増大させても加工液の流入出にあまり向上が望めないために、切粉の排出性や砥粒の冷却効果にも大きな変化が起こらないためであると考えられる。

40

【0028】

図7は新品ブレードを使用した場合での連続切断加工時における切断回数と垂直方向荷重の関係を示すグラフである。同図において、プロット()は無振動切断時を表し、プロット()は振動切断時(振動条件：振動数2Hz、振幅0.293mm)を表している

50

。同図より、無振動切断時及び振動切断時ともに、切断回数が増加するに伴って垂直方向荷重は比例的に増大していることが分かる。この理由としては、切断回数を重ねるに伴って砥粒先端が磨耗してしまい、砥粒に鋭利さがなくなってしまうことにより砥粒の研削能力が低下するためであると考えられる。また、切断回数を重ねるに伴って、無振動切断時と振動切断時の垂直方向荷重の差が増大していることが分かる。これは、前述したように振動切断時においては工作物と内周刃ブレードが分離・接触現象を起こしているために加工液の流入出は向上し、砥粒の冷却効果並びに切粉の排出性も同様に向上することに起因する砥粒の研削能力の向上が、切断回数を重ねるに従って無振動切断時との差が現れてきたためであると考えられる。

【 0 0 2 9 】

図 8 及び図 9 は上記装置を用いて、無振動切断及び振動切断時、送り速度 3 0 m m / m i n、振幅 0 . 3 m m、振動数 2 H z におけるシリコンウエハ表面のうねり曲線並びに粗さ曲線を示したものであり、その測定方法は切断方法と同じである。

【 0 0 3 0 】

図 8 は無振動切断時及び振動切断時におけるウエハ表面のうねり曲線（切断方向）をそれぞれ示すグラフである。これらより、無振動切断時に比較して振動切断時の方が表面うねりは向上されていることが分かる。この理由としては、無振動切断時においては内周刃ブレードに荷重が付加されることによって生じた内周刃ブレードの弾性変形で工作物と内周刃ブレードの接触弧長さが増大し、内周刃ブレードに付加される荷重が増大するに従って弾性変形量が増加し、これにより表面うねりは悪化するものと考えられる。これに対して振動切断時においては、切断加工中の内周刃ブレードと工作物が分離・接触現象を生じることにより、内周刃ブレードと工作物の分離時には、内周刃ブレードが原点復帰を行うことにより、内周刃ブレードの弾性変形が抑制されるために表面うねりは向上するものと考えられる。

【 0 0 3 1 】

図 9 は粗さ曲線を示すグラフである。振動切断では、断続的に工作物への切込みを行っているために、無振動切断時に比較して表面粗さが粗くなっている。

【図面の簡単な説明】

【図 1】内周刃切断装置の要部斜視図

【図 2】切削動作の模式図

【図 3】内周刃切断装置の全体側面図

【図 4】加振装置の断面図

【図 5】工作物切込量と垂直方向荷重との関係を示すグラフ

【図 6】振動数と垂直方向荷重との関係を示すグラフ

【図 7】切断回数と垂直方向荷重との関係を示すグラフ

【図 8】うねり曲線を示すグラフ

【図 9】粗さ曲線を示すグラフ

【符号の説明】

2 ボトムリング

3 トップリング

4 内周刃ブレード

8 シリコンインゴット

11 砥粒層

23 X 軸テーブル

33 加振装置

36 回転軸

42 偏心ピン

44 偏心リング

46 クランクロッド

48 ホルダ

10

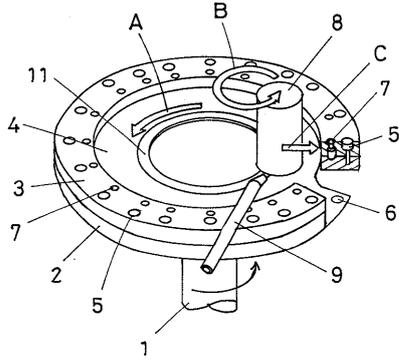
20

30

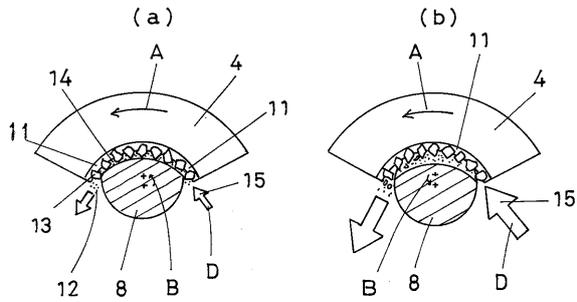
40

50

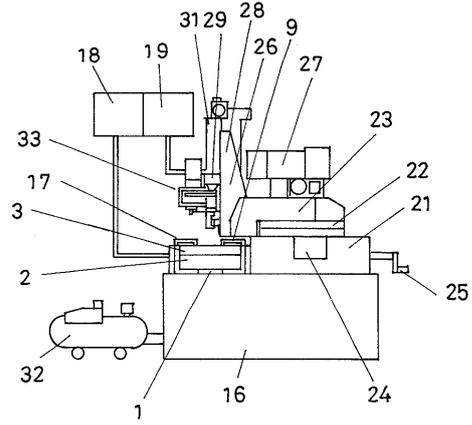
【図1】



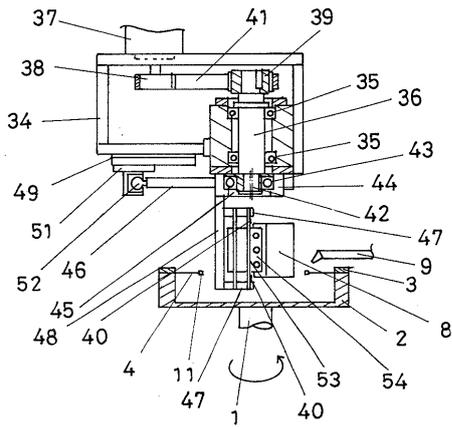
【図2】



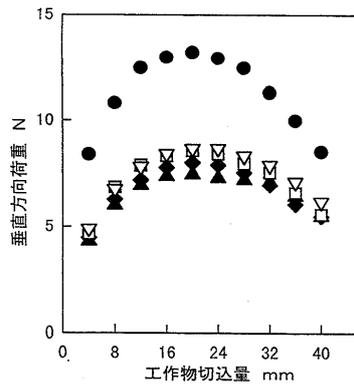
【図3】



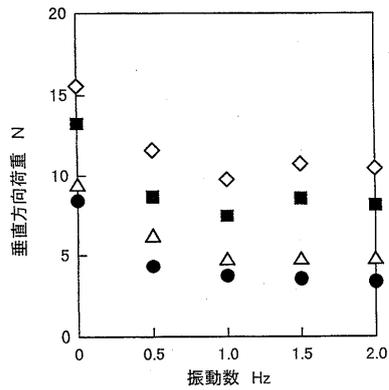
【図4】



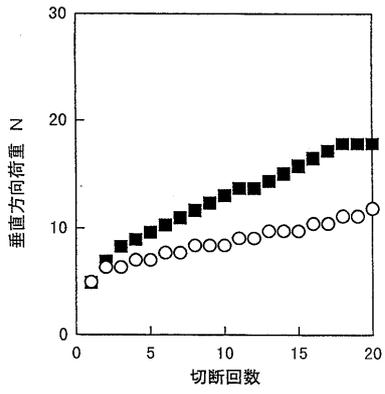
【図5】



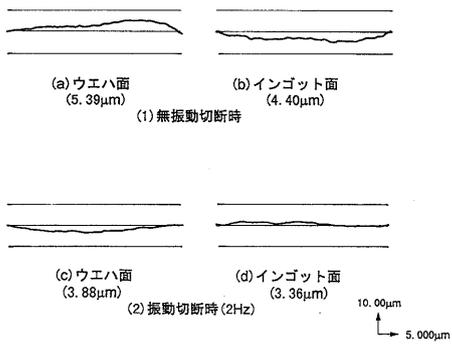
【図6】



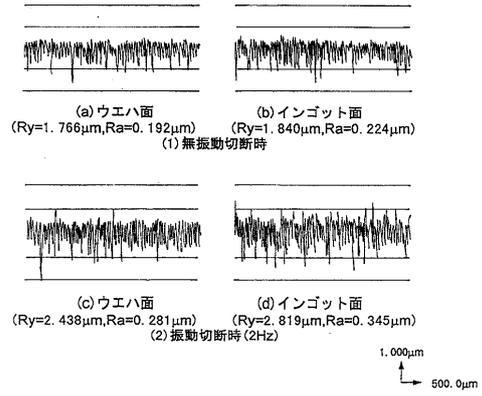
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

- (72)発明者 畝田 道雄
石川県石川郡野々市町扇が丘7の1 金沢工業大学内
- (72)発明者 竹田 剛
石川県石川郡野々市町扇が丘7の1 金沢工業大学内
- (72)発明者 田中 清勝
石川県石川郡野々市町扇が丘7の1 金沢工業大学内
- (72)発明者 倉田 直人
石川県石川郡野々市町扇が丘7の1 金沢工業大学内

審査官 小野田 達志

- (56)参考文献 実開平02-133307(JP,U)
特開昭58-212138(JP,A)
特開平04-122608(JP,A)
特開平10-100136(JP,A)
特開昭62-231708(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B28D 5/02