

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2008 年 3 月 27 日 (27.03.2008)

PCT

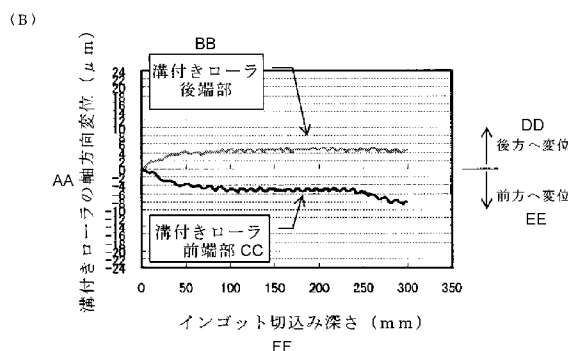
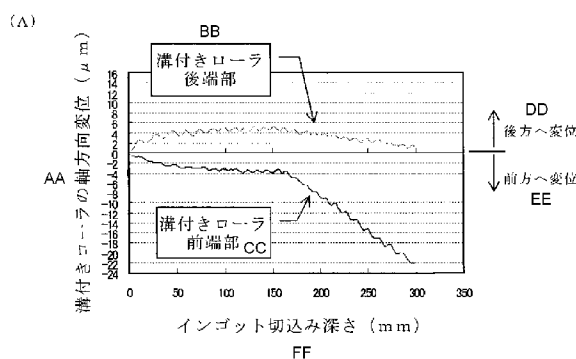
(10) 国際公開番号
WO 2008/035530 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/304 (2006.01) B28D 5/04 (2006.01)
B24B 27/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/066231
- (22) 国際出願日: 2007 年 8 月 22 日 (22.08.2007)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2006-257392 2006 年 9 月 22 日 (22.09.2006) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 信越半導体株式会社 (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.) [JP/JP]; 〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目 6 番 2 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 大石 弘 (OISHI, Hiroshi) [JP/JP]; 〒9618061 福島県西白河郡西郷村大字小田倉字大平 150 番地 信越半導体株式会社 半導体白河研究所内 Fukushima (JP). 仲俣 大輔 (NAKAMATA, Daisuke) [JP/JP]; 〒3878555 長野県千曲市屋代 1393 番地 長野電子工業株式会社内 Nagano (JP).
- (74) 代理人: 好宮 幹夫 (YOSHIMIYA, Mikio); 〒1100005 東京都台東区上野 7 丁目 6 番 11 号 第一下谷ビル 8 F Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP,

[続葉有]

(54) Title: CUTTING METHOD AND EPITAXIAL WAFER MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称: 切断方法およびエピタキシャルウエーハの製造方法



AA AXIAL DISPLACEMENT OF ROLLER HAVING GROOVES (μm)
 BB REAR END OF ROLLER HAVING GROOVES
 CC FRONT END OF ROLLER HAVING GROOVES
 DD DISPLACEMENT TO REAR
 EE DISPLACEMENT TO FRONT
 FF INGOT CUT DEPTH (mm)

(57) Abstract: In a cutting method, a wire is wound and hooked on a roller having a plurality of grooves, the wire is permitted to run to press an ingot while the roller is being supplied with a cutting slurry, and the ingot is cut into wafers. A test of cutting the ingot by supplying the roller with the cutting slurry at a controlled feeding temperature is previously performed, and relation between the axial displacement of the roller and the feeding temperature of the cutting slurry is examined. Based on the relation between the axial displacement of the roller and the feeding temperature of the cutting slurry, a feeding temperature profile of the cutting slurry is set, and based on the feeding temperature profile, the cutting slurry is fed. Thus, the ingot is cut by controlling the axial displacement of the roller, and warping of all the cut wafers is permitted to be in one direction. Thus, at the time of cutting the ingot by using a wire saw, the ingot can be cut easily with excellent repeatability by having warping of all the wafers in one direction.

(57) 要約: ワイヤを複数の溝付きローラに巻掛けし、該溝付きローラに切断用スラリを供給しつつ、前記ワイヤを走行させながらインゴットに押し当ててウエーハ状に切断する方法であって、予め、前記溝付きローラに前記切断用スラリを供給温度を制御して供給しつつインゴットを切断する試験を行い、前記溝付きローラの軸方向変位と前記切断用スラリの供給温度との関係を調査して、該溝付きローラの軸方向変位と切断用スラリの供給温度との関係から前記切断用スラリの供給温度プロファイルを設定し、該供給温度プロファイルに基づいて前記切断用スラリを供給することにより、前記溝付きローラの軸方向変位を制御しながらインゴットを切断し、切断されるウエーハ全数の反りを一方向に揃える切断方法を提供する。これによ

り、ワイヤソーを用いてインゴットを切断する際、簡単かつ再現性良く、ウエーハ全数の反りを一方向に揃えて切断することができる切断方法が提供される。



KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,

添付公開書類:
— 国際調査報告書

明 細 書

切断方法およびエピタキシャルウエーハの製造方法

技術分野

- [0001] 本発明は、ワイヤソーを用いて、シリコンインゴット、化合物半導体のインゴット等から多数のウエーハを切り出す切断方法と前記切断方法により切り出したウエーハにエピタキシャル層を積層するエピタキシャルウエーハの製造方法に関する。

背景技術

- [0002] 近年、ウエーハの大型化が望まれており、この大型化に伴い、インゴットの切断には専らワイヤソーが使用されている。

ワイヤソーは、ワイヤ(高張力鋼線)を高速走行させて、ここにスラリを掛けながら、インゴット(ワーク)を押し当てて切断し、多数のウエーハを同時に切り出す装置である(特開平9-262826号公報参照)。

- [0003] ここで、図11に一般的なワイヤソーの一例の概要を示す。

図11に示すように、ワイヤソー101は、主に、インゴットを切断するためのワイヤ102、ワイヤ102を巻回した溝付きローラ103(ワイヤガイド)、ワイヤ102に張力を付与するための機構104、切断されるインゴットを送り出す機構105、切断時にスラリを供給する機構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を介してパウダクラッチ(定トルクモータ109)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はこの溝付きローラ103に300～400回程度巻掛けられた後、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] また、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、駆動用モータ110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。

- [0006] なお、インゴットの切断時には、図12に示すようなインゴット送り機構105によって、

インゴットは溝付きローラ103に巻回されたワイヤ102に送り出される。このインゴット送り機構105は、インゴットを送りだすためのインゴット送りテーブル111、LMガイド112、インゴットを把持するインゴットクランプ113、スライスあて板114等からなっており、コンピュータ制御でLMガイド112に沿ってインゴット送りテーブル111を駆動させることにより、予めプログラムされた送り速度で先端に固定されたインゴットを送り出すことが可能である。

[0007] そして、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115が設けられており、切断時にスラリタンク116から、溝付きローラ103、ワイヤ102にスラリを供給できるようになっている。また、スラリタンク116にはスラリチラー117が接続されており、供給するスラリの温度を調整できるようになっている。

[0008] 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インゴットをスライスする。

[0009] ところで、上記のようなワイヤソー101を用いて切り出されたウエーハは、例えば半導体ウエーハの場合、通常、ポリッシュ(研磨)後にエピタキシャル成長を行って製品となる場合がある。シリコンウエーハのエピタキシャル成長では、ポリッシュしたウエーハの表面に厚さ数 μm のシリコン単結晶薄膜(エピタキシャル層)を化学気相析出(CVD)等で成長させ、ウエーハとしての電氣的、物理的性質を改善して、このエピタキシャル層の表面にデバイス素子を作り込む。

[0010] ウエーハとエピタキシャル層には色々な組み合わせがあるが、P型低抵抗ウエーハに、通常抵抗のP型エピタキシャル層を成長させたものが一般的である。このエピタキシャル成長を施す際に特徴的なことは、図13に示すように、成長後のウエーハにBow(そり)が生じてしまうことである。図13に、ウエーハ222にエピタキシャル層223が積層されたエピタキシャルウエーハ221の一例を示す。

[0011] すなわち、P型低抵抗ウエーハ222は、シリコンより原子半径の小さい硼素(B)をドーパントとして多量に含むため、ノンドーブ・シリコンより平均格子間距離が小さい。一方、通常抵抗のP型エピタキシャル層223はドーパント量が少なく、ウエーハより相対的に平均格子間距離が大きい。このため、ウエーハ222上にエピタキシャル層223を

成長させた場合は、平均格子間距離の異なる両者のバイメタル変形により、エピタキシャルウエーハ221においては、エピタキシャル層223が凸となる方向にBow変化が生じたものになり易い。

[0012] 因みに、シリコンより原子半径の大きいヒ素(As)をドーパントとして多量に含むN型低抵抗ウエーハ上に、ドーパント量の少ない通常抵抗のN型エピタキシャル層を成長させたエピタキシャルウエーハでは、図13に示す場合とは逆に、エピタキシャル層が凹となる方向にBow変化を生じたものとなる。

[0013] ここで、図14にエピタキシャル成長によるBow変化の一例を示す。図14(A)において、横軸はスライス後にポリッシュしたエピタキシャル成長前のウエーハ(PW)(あるいは、スライス後のウエーハ)におけるBow値であり、縦軸は、そのPWにエピタキシャル成長したエピタキシャルウエーハ(EPW)におけるBow値である。

また、図14(B)は、Bow値を横軸にとり、上記PWとEPWの各Bow値における分布割合を示したグラフである。

図14から判るように、ワイヤソーでスライスし、ポリッシュしたPWにおけるBowとそれにエピタキシャル成長を行ったエピタキシャルウエーハにおけるBowの相関は極めて良い($R^2 = 0.94$)。そして、エピタキシャル成長によるBow増加分は $+10\mu\text{m}$ 程度であることが判る(例えば、図14(A)において、PW Bowが $0\mu\text{m}$ のとき、EPW Bowが $10\mu\text{m}$)。なおここでは、エピタキシャル層側が凸方向に変位している場合を「+」方向と定義している。

[0014] 一方、製品としてエピタキシャルウエーハを考えた場合には、エピタキシャル成長後にBowの大きさ(絶対値)を最小とすることが求められる。これは、エピタキシャル成長によって、原料となるウエーハにおけるBowが打ち消されるようにエピタキシャル層を積層することにより実施することができると考えられる。したがって、上記のようにスライス後のウエーハの元々のBowを打ち消すようにエピタキシャル層を積層するためには、まず、ウエーハのBowの向き(+/-)を、エピタキシャル成長を行う前に予め一方向に揃えておく必要がある。

[0015] ところが、従来法によりインゴットをスライスし切り出した場合、通常、インゴットの軸方向の位置ごとにBowの向きがばらばらになってしまう。したがって、ポリッシュ前の

工程において、スライスして得られたウエーハの全数をそれぞれ測定して、希望と逆方向のBowであった場合には一枚ずつウエーハの表裏をひっくり返して研磨装置等に逆向きに入れ替える作業を行う必要があり、極めて煩雑であった。

発明の開示

[0016] そこで、本発明は、上記問題点を鑑みてなされたもので、ワイヤソーを用いてインゴットを切断する際、簡単かつ再現性良く、ウエーハ全数の反りを一方向に揃えて切断することができる切断方法を提供することを目的とする。さらには、その切断方法を用いることで、従来のように切り出されたスライスウエーハのBowの測定および裏表入れ替え作業を必要としないエピタキシャルウエーハの製造方法を提供することを目的とする。

[0017] 上記目的を達成するために、本発明は、ワイヤを複数の溝付きローラに巻掛けし、該溝付きローラに切断用スラリを供給しつつ、前記ワイヤを走行させながらインゴットに押し当ててウエーハ状に切断する方法であって、予め、前記溝付きローラに前記切断用スラリを供給温度を制御して供給しつつインゴットを切断する試験を行い、前記溝付きローラの軸方向変位と前記切断用スラリの供給温度との関係を調査して、該溝付きローラの軸方向変位と切断用スラリの供給温度との関係から前記切断用スラリの供給温度プロファイルを設定し、該供給温度プロファイルに基づいて前記切断用スラリを供給することにより、前記溝付きローラの軸方向変位を制御しながらインゴットを切断し、切断されるウエーハ全数の反りを一方向に揃えることを特徴とする切断方法を提供する。

[0018] このように、本発明の切断方法では、まず、溝付きローラに切断用スラリを供給温度を制御して供給しつつインゴットを切断する試験を行い、溝付きローラの軸方向変位と切断用スラリの供給温度との関係を調査しておく。このような調査を予め行うことによつて、使用するワイヤソーごとに固有の溝付きローラの軸方向変位と切断用スラリの供給温度との関係を前もって得ることができる。

[0019] その後、上記のようにして得られた溝付きローラの軸方向変位と切断用スラリの供給温度との関係から、切断されるウエーハの反りが一方向に揃う切断用スラリの供給

温度プロファイルを設定する。そして、そのプロファイルに基づいて切断用スラリを供給することにより、その使用するワイヤソーの溝付きローラの軸方向変位を制御しながらインゴットを切断し、切断されるウエーハ全数の反りを一方向に揃える。

このように、上記ワイヤソーごとに固有の上記関係から、切断用スラリの供給温度プロファイルを設定し、それに従い実際に切断用スラリを供給して切断を行うため、簡単かつ再現性良く、切断されるウエーハ全数の反りを一方向に揃えることが可能である。そして、ウエーハ全数の反りを一方向に揃えることができるので、後述するように、エピタキシャル層を積層する前に、所望の面側にエピタキシャル成長できるように、予め各ウエーハの形状を測定し、ウエーハの裏表を入れ替えてBowの向きを揃えるという作業を省くことができる。

[0020] このとき、前記切断用スラリの供給温度プロファイルを調整して、前記切断されるウエーハ全数の反りの大きさを調整することができる。

上記のように、前もって溝付きローラの軸方向変位と切断用スラリの供給温度との関係を調査してあるので、その関係から設定する切断用スラリの供給温度プロファイルを調整することによって、溝付きローラの軸方向変位を調整し、切断されるウエーハ全数の反りの大きさを調整することができる。

[0021] また、前記切断用スラリの供給温度プロファイルを、少なくとも、前記インゴットの切り込み深さが直径の1/2に達してから供給温度が徐々に上昇するプロファイルとすることができる。

あるいは、前記切断用スラリの供給温度プロファイルを、前記インゴットの切断開始時から、供給温度が徐々に上昇するプロファイルとすることができる。

[0022] これらのように、切断用スラリの供給温度プロファイルを、少なくとも、インゴットの切り込み深さが直径の1/2に達してから供給温度が徐々に上昇するプロファイルとするか、あるいは、切断用スラリの供給温度プロファイルを、インゴットの切断開始時から、供給温度が徐々に上昇するプロファイルとするかによって、切断されるウエーハ全数の反りをより容易に一方向に揃えることが可能である。

[0023] また、本発明は、前記の切断方法により反りが一方向に揃ったウエーハを切り出し、該反りが一方向に揃ったウエーハにエピタキシャル層を積層することを特徴とする

エピタキシャルウエーハの製造方法を提供する。

このように、前記の切断方法により反りが一方向に揃ったウエーハを切り出し、該反りが一方向に揃ったウエーハにエピタキシャル層を積層することにより、エピタキシャル成長をする前に、予めインゴットから切り出したウエーハのBowの向きを測定し、向きが揃っていない場合、その裏表を入れ替えてBowの向きを一方向に揃えるという、従来では必要とされていた作業を省くことができ、作業効率を大幅に向上することが可能である。

- [0024] 本発明の切断方法であれば、ウエーハ全数の反りを一方向に揃えて切断することができ、しかも、簡単かつ再現性良く行うことが可能である。そして、ウエーハ全数の反りを一方向に揃えて切断することができるので、エピタキシャル成長を行う前に、インゴットから切り出されたウエーハのBowの測定および裏表の入れ替え作業をする必要がなく、作業効率を著しく改善することができる。

図面の簡単な説明

- [0025] [図1]本発明の切断方法に使用できるワイヤソーの一例を示す概略図である。
- [図2]溝付きローラの構造の一例を示す概略平面図である。
- [図3]溝付きローラの伸縮量の測定方法を説明する説明図。
- [図4]溝付きローラ3の軸方向変位と切断用スラリの供給温度との関係の一例を示すグラフである。
- [図5](A)予備試験の結果から設定した切断用スラリの供給温度プロファイルの一例を示すグラフである。(B)予備試験の結果から設定した他の切断用スラリの供給温度プロファイルの一例を示すグラフである。
- [図6]ウエーハの反りの向きが一方向になるように切断する過程を示した説明図である。
- [図7]実施例の予備試験で得られた溝付きローラの軸方向変位と切断用スラリの供給温度との関係を示すグラフである。
- [図8]実施例および比較例における切断用スラリの供給温度プロファイルを示すグラフである。

[図9]ワーク切込み深さと溝付きローラの軸方向変位の関係を示すグラフである。(A)実施例、(B)比較例。

[図10]スライスウエーハ全数のBowの測定結果を示すグラフである。(A)実施例、(B)比較例。

[図11]従来の切断方法に使用されるワイヤソーの一例を示す概略図である。

[図12]インゴット送り機構の一例を示す概略図である。

[図13]エピタキシャル成長によるBow変化の原因を説明するための説明図である。

[図14](A)エピタキシャルウエーハ(EPW)とウエーハ(PW)のBow値の相関を示すグラフである。(B)エピタキシャルウエーハ(EPW)とウエーハ(PW)の各Bow値における割合の分布を示したグラフである。

[図15]インゴット切断時における溝付きローラの伸張と切断軌跡の一例を示す説明図である。

発明を実施するための最良の形態

[0026] 以下では、本発明の実施の形態について説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。

上述したように、ウエーハにエピタキシャル成長を施すと、図13に示すように、エピタキシャルウエーハに反りが生じる。そこで、ウエーハにエピタキシャル成長を行う前に、Bowの向きを予め一方向に揃えておき、原料となるウエーハのBowを打ち消すようにしてエピタキシャル層を積層すれば、出来たエピタキシャルウエーハのBowの大きさを最小とすることができ、製品として好ましい。

例えば、図14(A)においては、ウエーハのBowを平均値で約 $-10\mu\text{m}$ になるようにスライス時に作り込めば、エピタキシャルウエーハのBowの絶対値が最小になることが期待される(但し、実際には、ウエーハのBowの絶対値があまり大きいとスライス時のうねり低減や両頭研削でのナノポグラフィの低減が困難になるため、実際の目標値は平均値で約 $-5\mu\text{m}$ くらいが妥当であると考えられる)。

[0027] しかしながら、その原料となるウエーハ、すなわち、ワイヤソーで切り出したウエーハにおいては、通常、その切り出されたウエーハのBowの向きは一方向には揃っていない。そのため、エピタキシャル成長を行う前に、ウエーハの全数に対して、形状測

定を行い、反りの向きを一方向に揃える工程が必要であった。

[0028] そこで、本発明者らは、ワイヤソーと切り出したウエーハとの関係について鋭意研究を行った。そもそも、上記のスライスウエーハにばらばらの向きのBowが発生する原因として、インゴットを切断中に、供給する切断用スラリの温度を上昇させると、それに応じてワイヤを巻掛けした溝付きローラが熱膨張し、軸方向に伸張(あるいは収縮)することが挙げられる。例えば、図15に示す例が挙げられる。図15では、一般的なワイヤソーを用い、切断開始時に切断用スラリの供給温度を23℃とし、その後温度を下げて切断の中盤は22℃にし、そして、切断終了時付近より上昇させて切断終了時に24℃とする従来の切断方法における標準的な供給温度プロファイルで切断用スラリを供給して切断した場合の溝付きローラの軸長の変化、およびインゴットにおける切断軌跡の変化の一例を示したものである。図15に示すように、インゴットの軸方向の各位置で切断軌跡が異なってしまう、したがって、切り出したウエーハのBowの向きも一方向に全数が揃わないものとなってしまう。

さらには、上記のような溝付きローラの軸方向の伸張・収縮はワイヤソーの構造によって固有であるため、使用するワイヤソーによって、切断中における軸方向変位のプロファイルは種々であり、切断軌跡はそれぞれ異なる。

このように、スライス時に全数のウエーハのBowを一方向に作り込むことは容易ではなかった。

[0029] これに対し、従来では、切断中に溝付きローラの軸長を変化させることで、Bow値を抑制してウエーハ状に切断する方法が挙げられている(特開平5-185419号公報等参照)。例えば、溝付きローラの軸長を測定しながら、このデータをコンピュータで演算することで、溝付きローラの軸受け中を循環させる冷却水の温度を制御したり、スラリの供給温度を制御してインゴットを切断する方法である。しかしながら、切断中に軸長を検出し、その長さを変更するのは制御が難しく溝付きローラの軸方向の変化の追随性が悪いといった問題があり、実用的ではない。

[0030] そこで、本発明者らは、まず、予備試験を行って、切断用スラリの供給温度と溝付きローラの軸方向変位との関係を調査し、その関係から切断されるウエーハの反りが一方向に揃う切断用スラリの供給温度プロファイルを設定し、さらに、そのプロファイル

に基づいて切断用スラリの供給を行いインゴットを切断し、切断されるウエーハの全数の反りを一方向に揃える切断方法を考え出した。このような切断方法であれば、切り出したウエーハの全数の反りが一方向に揃っているので、例えば、切り出したウエーハにエピタキシャル成長を行う場合、従来におけるエピタキシャル成長前に行っていたウエーハの形状測定、反りを一方向に揃える工程を省くことができ、作業効率を改善することができる。また、予備試験を行って、使用するワイヤソーの溝付きローラの特性を調査しておき、その調査結果から設定した切断用スラリの供給温度プロファイルに従って切断用スラリを供給して切断するので、簡単かつ確実に、再現性高くウエーハの反りを一方向に揃えて切断することができる。使用するワイヤソー（溝付きローラ）が異なっても、予備試験を行うため、その都度対応することができる。

[0031] 以下、ワイヤソーを用いた本発明の切断方法について、図面を参照しながら詳細に説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。

図1に、本発明の切断方法に使用することができるワイヤソーの一例を示す。

図1に示すようにワイヤソー1は、主に、インゴットを切断するためのワイヤ2、溝付きローラ3、ワイヤ張力付与機構4、インゴット送り機構5、スラリ供給機構6で構成されている。

[0032] ここで、まず、スラリ供給機構6について述べる。このスラリ供給機構6として、溝付きローラ3（ワイヤ2）に切断用のスラリを供給するノズル15が配設されている。また、このノズル15から供給される切断用スラリは供給温度を制御できるようになっている。具体的には、例えば図1に示すように、スラリタンク16から、コンピュータ18により制御された熱交換器19を介してノズル15に接続することにより、切断用スラリの供給温度を制御する構成とすることができる。

また、スラリの種類は特に限定されず、従来と同様のものを用いることができる。例えばGC（炭化珪素）砥粒を液体に分散させたものとすることができる。

[0033] そして、切断用スラリを供給するノズル15とインゴット送り機構5はコンピュータ18に接続されており、予め設定したプログラムにより、所定のインゴットの送り量、すなわち所定のインゴットの切断量に対して、自動的にノズル15から所定量、所定のタイミングで温度制御された切断用スラリを溝付きローラ3（ワイヤ2）に噴射できるようになっ

ている。

上記のインゴット送り量やスラリ噴射量およびタイミング、さらにはスラリ供給温度は、コンピュータ18によって所望のように制御することができるが、特に制御手段はこれに限定されない。

[0034] また、上記スラリ供給機構6以外のワイヤ2、溝付きローラ3、ワイヤ張力付与機構4、インゴット送り機構5は、図11の従来の切断方法に使用されるワイヤソー101と同様のものとすることができる。

ワイヤ2の種類や太さ、溝付きローラ3の溝ピッチ、さらには他の機構における構成等は特に限定されるものではなく、従来法に従い、所望の切断条件となるようにその都度決定することができる。

例えば、ワイヤ2は、幅0.13mm～0.18mm程度の特殊ピアノ線からなるものとし、(所望のウエーハ厚さ+切り代)の溝ピッチを有する溝付きローラ3とすることができる。

[0035] なお、ここで、溝付きローラ3についてさらに説明を加えておく。従来より使用されている溝付きローラ3の一例として、図2に示すようなものが挙げられる。溝付きローラ3の両端には、溝付きローラの軸20を支持している軸受け21、21'が配設されているが、前述した切断中の溝付きローラ3の軸方向の変化を考慮して、例えば、軸受け21はラジアルタイプのものであり、このラジアルタイプの軸受け21側に溝付きローラ3が軸方向に伸びることが可能になっており、一方、軸受け21'はスラストタイプのものであり、このスラストタイプの軸受け21'側には伸びにくい構造になっている。通常、溝付きローラ3はこのような構造であり、溝付きローラ3が軸方向に長さが変化した場合に装置に負荷がかかりすぎてしまわないように、両側を共に固定するのではなく、一方をその変化に対応できるようになっている。

[0036] したがって、本ワイヤソー装置1では、溝付きローラ3が軸方向に伸張がすすむ場合、主にラジアルタイプの軸受け21側(溝付きローラ3の前方とする)に伸張がすすむことになる。

なお、本発明の切断方法においては、使用するワイヤソー1において、溝付きローラ3は上記のようなタイプに限られるものではない。

[0037] また、図3に示すように、渦電流センサを溝付きローラの軸方向に近接して配設しておく。これは、予備試験のときに、溝付きローラ3の軸方向変位を測定することができるようにするためである。この溝付きローラ3の軸方向変位の測定は上記手段に限定されないが、渦電流センサを用いれば非接触で精度高く測定を行うことができるので好ましい。

各センサはコンピュータ18に接続されており、測定で得られたデータはコンピュータ18でデータ処理できるようになっている。

[0038] 以下、このようなワイヤソー1を用い、本発明の切断方法を実施する手順について述べる。

まず、この使用するワイヤソー1における溝付きローラ3の軸方向変位と、切断中にこの溝付きローラ3に供給する切断用スラリの供給温度との関係を調査するために予備試験を行う。

この予備試験の後に実際に切断を行う(本切断工程とする)インゴットと同様のインゴットを用意し、切断用スラリの供給温度を制御し、変化させながらインゴットの切断を行う。同時に、溝付きローラ3の軸方向に近接して配設した渦電流センサにより、溝付きローラ3の軸方向変位の測定も行う。

[0039] このときの切断用スラリの供給温度のプロファイルは特に限定されず、各供給温度に対応した溝付きローラ3の軸方向の変位を確実に測定できるようなプロファイルであれば良い。例えば、切断開始時にインゴットと同じ温度で供給し始め、切断用スラリの供給温度の変化に追従できる程度の速度で供給温度を徐々に上げていくことにより、各供給温度における溝付きローラ3の軸方向の変位を測定することができる。

[0040] なお、上述したように、この予備試験で溝付きローラ3の軸方向変位と切断用スラリの供給温度との関係を調査するのであるが、この予備試験時には、ワイヤへの張力等の他の条件は、後に行う本切断工程における条件と同様のものとする好ましい。このようにすることで、予備試験で得る溝付きローラ3の軸方向変位と切断用スラリの供給温度との関係を、より正確に本切断工程に適用することが可能になる。

[0041] そして、上記のようにして、例えば図4のような溝付きローラ3の軸方向変位と切断用スラリの供給温度との関係を得ることができる。

なお、図4の上部ラインは、溝付きローラ3が後方(すなわち、スラストタイプの軸受け21'側)に伸びた量、下部ラインは前方(ラジアルタイプの軸受け21側)に伸びた量を示している。

先に説明したように、スラストタイプとラジアルタイプの軸受け21、21'で溝付きローラの軸20を支持している本ワイヤソー1の溝付きローラ3では、切断用スラリの温度が高くなっても、溝付きローラ3は、後方側であるスラストタイプの軸受け21'側にはあまり伸張せず、前方側であるラジアルタイプの軸受け21側には伸張がすすむ結果となっていることが判る。

[0042] このようにして得られた上記関係から、これから行う本切断工程における切断用スラリの供給温度プロファイルを設定する。

この供給温度プロファイルを設定するとき、切断されるウエーハ全数の反りが一方方向に揃うような切断軌跡が形成されるようにしてプロファイルを設定する。このプロファイルの設定にあたっては、例えばコンピュータ18等を用いて行うと簡便かつ正確に設定することができて好ましい。予備試験で得られたデータをコンピュータ18で処理し、予め決定しておいた所望の切断軌跡、すなわち、所望のように溝付きローラが軸方向に変化するように、適切な切断用スラリの供給温度プロファイルを得ることができる。

[0043] 上記の切断用スラリの供給温度プロファイルについてより具体的に述べる。なお、ここでも、使用するワイヤソーを図1～3に示す構造を有するワイヤソー1として説明をする。すなわち、図4のような溝付きローラ3の軸方向変位と切断用スラリの供給温度との関係が得られる装置である。ただし、当然本発明はこのようなワイヤソーを使用することに限定されるものではない。適宜、ワイヤソーごとの特性に合わせて切断用スラリの供給温度プロファイルを調整することができる。

[0044] まず、そもそも、従来では、切断用スラリの供給温度は、22～24℃程度の範囲でしか変化させておらず、そのような狭い範囲では、溝付きローラ3の軸方向変位と切断用スラリの供給温度との関係が図4に示すようなグラフの場合、溝付きローラ3が後方へ伸張する量も、前方へ伸張する量も、それぞれ全切断工程において、切断開始付近と切断終了付近とでさほど差がなく、すなわち、小さな変化でBowの向きも変わり

やすくなる。Bow値を小さく抑制しようとする場合も同様のことが生じやすいと考えられる。したがって、切断軌跡が極めて一方向に揃いにくく、当然切り出されるウエーハも、インゴットの軸方向の位置によってBowの向きが変化してしまう(特に、インゴットの両端部ではそれぞれBowの向きが反対になる可能性が高い)。

[0045] そこで、例えば図5(A)に示すようなプロファイルに設定することにより、供給温度を高くしていき、あえて溝付きローラの軸方向の変位量を増大させて(図4参照)、切断されるウエーハ全数の反りが一方向に揃う切断軌跡となるように、切断中の溝付きローラ3の軸方向の変位を制御すると良い。図5(A)に示す供給温度プロファイルTsは、インゴットの切込み深さが直径の1/2以上に達してから、供給温度が徐々に上昇するプロファイルである。なお、比較のため、従来における標準の切断用スラリの供給温度プロファイルTs'を示しておく。

[0046] このようなプロファイルTsであれば、インゴットを半分以上切り込んでから切断が終了するまで切断用スラリの供給温度を徐々に上げていくので、図4からもわかるように、溝付きローラ3の前端部が前方向に伸張していくとともに、後端部も、インゴットの切込み深さが直径の1/2以上になってからはわずかに前方向に伸張していくことになるので、インゴットの両端部における切断軌跡は、インゴット後方に向かって凸の反り形状(インゴット後端部の切断軌跡では、切断開始付近と切断終了付近とでは軌跡が逆となり、インゴットの中心付近が全体の反りの折り返し点になる)とすることができる。したがって、切断されるウエーハ全数の反りを一方向に揃えて切断することができる。

図6に切断されるウエーハ全数の反りが一方向に揃って切断される過程の一例を示す。図6に示すように、溝付きローラが前方向へ大きく伸張することにより、切断軌跡の反りが揃っていることが判る。なお、上記のように、特に溝付きローラ3の後端部で、切断開始付近で後方に伸張して、その後、切断中に、少なくともわずかに前方へ伸張させれば、その後端部における切断軌跡の反りの向きも、インゴット前端部における切断軌跡の反りの向きと同様にすることができる。

[0047] また、例えば、図5(B)に示すような、インゴットの切断開始時から、供給温度が徐々に上昇するプロファイルとし、このプロファイルに基づいて切断用スラリを供給し、

溝付きローラ3の変位を制御しながら切断することにより、ウエーハの全数の反りを一方向に揃えることもできる。

しかも、このように切断のより早い段階から切断用スラリの供給温度を上げていくプロファイルとすることにより、この場合では、切断されるウエーハ全数の反りの大きさを大きく調整することが可能である。これは、図4、6からも明らかである。すなわち、切断用スラリの供給温度が高いほど、溝付きローラ3の軸方向の変位量も大きいので、切断開始時より、供給温度を徐々に上げていくことによって、インゴットの各位置においてそれぞれ切断軌跡もより大きくカーブしたものとなり、切断されるウエーハ全数の反りの大きさも一層大きくなる。所望の大きさの反りが得られるように、適宜調整すれば良い。

[0048] なお、図5(A) (B)に示す2つの切断用スラリの供給温度プロファイルを例に挙げて説明したが、当然これらのプロファイルに限定されるものではない。

使用するワイヤソーにより、予備試験を行うことによって、そのワイヤソー（溝付きローラ）ごとの特性を調査し、そして、その調査によって得られた溝付きローラの軸方向変位と切断用スラリの供給温度との関係から、所望のようにウエーハ全数の反りを一方向に揃えることができるよう適宜切断用スラリの供給温度プロファイルを設定し、それに基づいて切断用スラリを供給してインゴットを切断することで、ウエーハ全数の反りを一方向に揃えることができる。

したがってワイヤソーが異なってもその都度対応できるし、また、予備試験を通して得られた切断用スラリの供給温度プロファイルに基づいて切断を行えばよいだけであるので、簡単に、そして再現性高くウエーハの全数の反りを一方向に揃えることが可能である。

[0049] そして、本発明のエピタキシャルウエーハの製造方法は、上記のような本発明の切断方法により反りが一方向に揃ったウエーハを切り出し、その反りが一方向に揃ったウエーハにエピタキシャル層を積層して製造する方法である。

先に述べたように、従来では、インゴットから切断されるウエーハの全数の反りを一方向に揃えるのは容易ではなく、したがって、エピタキシャル層を積層するよりも前に（例えばウエーハをポリッシュする前）、反りの向きがインゴットの軸方向の位置によつ

て異なっていたウエーハを一枚一枚形状を測定して反りの向きを確認し、向きが逆だった場合はその裏表をひっくり返すことによって、ウエーハ全数の反りの向きを一方向に揃える作業を行わなければならなかった。このような作業は極めて煩雑であり、コストおよび手間を要してしまう。

[0050] しかしながら、本発明のエピタキシャルウエーハの製造方法では、インゴットから切り出した時点で既にウエーハ全数の反りが一方向に揃っているため、上記のような煩雑な作業を行う必要なく、反りが一方向に揃ったウエーハにエピタキシャル成長を行うことができ、極めて簡便であり、作業効率を著しく向上することができる。

なお、当然エピタキシャル成長前に、その反りが一方向に揃ったウエーハに予めポリッシュ等の工程を行うこともできる。

[0051] 以下、本発明を実施例によりさらに詳細に説明するが、本発明はこれに限定されない。

(実施例)

図1に示すワイヤソーを用い、本発明の切断方法を実施した。予備試験として、本切断工程で用いる直径300mm、軸方向長さ180mmのシリコンインゴットと同様のシリコンインゴットを切断用スラリの供給温度を制御して供給しつつウエーハ状に切断した。

なお、幅160 μ mのワイヤを使用し、2.5kgfの張力をかけて、500m/minの平均速度で60s/cのサイクルでワイヤを往復方向に走行させて切断した。また、スラリーとしては、GC #1500とクーラントとを重量比1:1の割合で混ぜたものを用いた。これらの条件は後に行う本切断工程での切断条件と同様である。

[0052] そして、このとき、切断用スラリの供給温度を22℃から35℃に上昇させ、渦電流センサにより溝付きローラ3の伸張を測定し、溝付きローラの軸方向変位と切断用スラリの供給温度との関係を得た。この関係を図7に示す。図7の上部ラインは、溝付きローラが後方に伸びた量、下部ラインは前方に伸びた量を切断用スラリの供給温度ごとに示している。これは、先に図4に示した関係と同様のパターンとなっている。

[0053] 次に、この得られた関係をもとに、インゴットにおける切断軌跡の反りの向きが、イン

ゴットの軸方向の各位置で後方に凸となるようにして、切断されるウエーハの反りの向きがその向きに全て揃うように、図8に示す切断用スラリの供給温度プロファイルを設定した。

このプロファイルに基づいて、本切断工程として、上記シリコンインゴットの切断を行い、170枚のスライスウエーハを得た。切断条件は上述した通り、先の予備試験と同様である。

なお、本切断工程の際に、渦電流センサにより溝付きローラの軸方向変位を測定した。図9に、その測定結果として、インゴット切込み深さと溝付きローラの軸方向変位の関係を示す。

[0054] 図8のように、切込み深さがインゴットの直径の1/2(切込み深さ150mm)に達したときに切断用スラリの供給温度を徐々に上昇させているので、図9から判るように、その切込み深さ150mm付近より、溝付きローラの前端部がより前方に大きく伸張していつていることが判る。また、後端部も、切込み深さ150mm付近を境にしてわずかに前方へ伸張していつている。

すなわち、そのような伸張変化をする溝付きローラを用いて切断を行っているので、切断軌跡のカーブは、インゴットの前端部から後端部に至るまで、各位置で後方に凸の向きとなる。

[0055] 図10(A)に上記実施例で切り出したウエーハの全数について実際に形状測定を行い、Bowを測定した結果を示す。図10(A)に示すように、すべてのスライスウエーハのBowが $-3 \sim -6 \mu\text{m}$ 程度の範囲に入り、Bow値がマイナスの一方向に反りが揃っていることが判る。

したがって、これらの一方向に反りが揃ったウエーハにエピタキシャル成長を行うときに、後述する比較例のように、反りの向きが反対のものを、裏表をひっくり返してわざわざ揃える必要もなく、そのままの向きでポリッシュしてエピタキシャル層を積層することができた。なお、ここでは反りの向きを確かめるためにBowの測定を行ったが、本発明の切断方法であれば、上記のようにスライスウエーハの反りの向きは一方向に揃えられているので、そのようなBowの測定も当然省くことができる。

また、Bowが $-3 \sim -6 \mu\text{m}$ 程度の範囲でかつバラツキが小さいので、エピタキシャ

ルウエーハとなった後の反りが所望の小さな値でかつバラツキも少ないものと得ることができる。

[0056] (比較例)

上記実施例に用いたワイヤソーを使用し、実施例と同様のシリコンインゴットをウエーハ状に切断した。なお、実施例とは異なり、予備試験は行わず、切断用スラリの供給温度は、図8に示すように、従来と同様に室温程度の供給温度プロファイルとした。

なお、他の切断条件は実施例と同様のものとした。

[0057] 図9(B)に示すように、溝付きローラの軸方向変位は、後端部では、切込み深さ50～100mm程度あたりから後方へ4 μ m付近でほぼ一定となり、前端部では、前方へ4 μ m付近でほぼ一定となり、切断終了付近の250～300mmでやや前方へ伸張し、8 μ mとなった。

その結果、図10(B)に示すように、スライスウエーハの反りの向きは、大きく分けてインゴット前端部でマイナス側に、後端部で+側になっている。さらには、インゴットの軸方向の中心領域では、Bow値はマイナスとプラスで激しく入れ替わっており、全く反りの向きが揃っていないことが判る。先に述べたように、切断の全工程を通じて、溝付きローラの軸方向の各位置において、軸方向の変位量の変化が小さかったりするとこのようなことが比較的起きやすい。

したがって、エピタキシャル成長を行うときには、従来のように、Bowの測定をウエーハ全数に対して行い、Bowが反対向きのものは裏表をひっくり返して反りの向きを一方向に揃えてからエピタキシャル層を積層した。このため、作業効率が悪く、必要以上に手間やコストがかかってしまった。

また、たとえひっくり返し作業をやっても、Bowの絶対値は0～5にばらついており、エピタキシャル成長後のウエーハの反りを所望なものとするのは難しい。

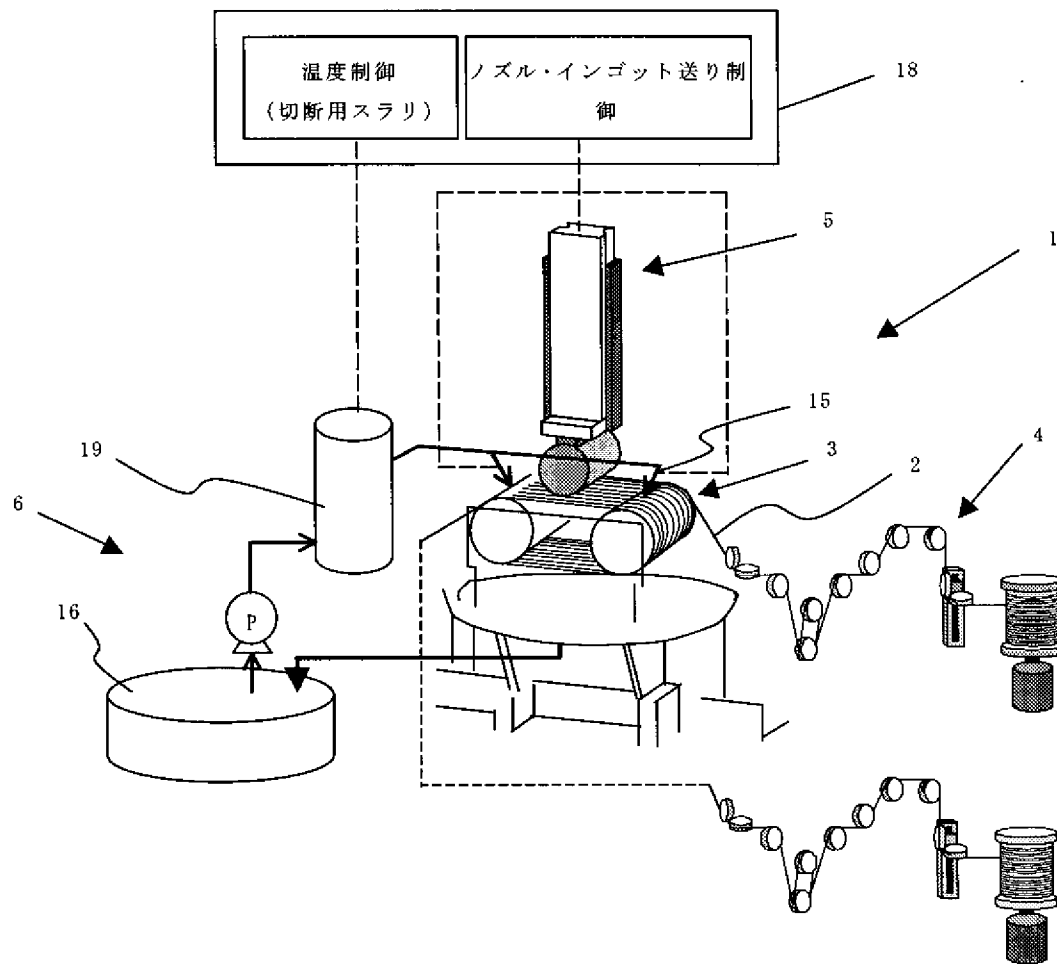
[0058] なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は、例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的

範囲に包含される。

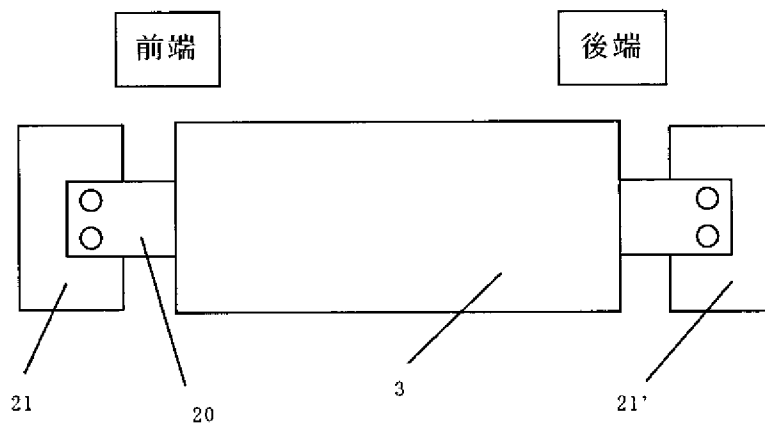
請求の範囲

- [1] ワイヤを複数の溝付きローラに巻掛けし、該溝付きローラに切断用スラリを供給しつつ、前記ワイヤを走行させながらインゴットに押し当ててウェーハ状に切断する方法であって、予め、前記溝付きローラに前記切断用スラリを供給温度を制御して供給しつつインゴットを切断する試験を行い、前記溝付きローラの軸方向変位と前記切断用スラリの供給温度との関係を調査して、該溝付きローラの軸方向変位と切断用スラリの供給温度との関係から前記切断用スラリの供給温度プロファイルを設定し、該供給温度プロファイルに基づいて前記切断用スラリを供給することにより、前記溝付きローラの軸方向変位を制御しながらインゴットを切断し、切断されるウェーハ全数の反りを一方向に揃えることを特徴とする切断方法。
- [2] 前記切断用スラリの供給温度プロファイルを調整して、前記切断されるウェーハ全数の反りの大きさを調整することを特徴とする請求項1に記載の切断方法。
- [3] 前記切断用スラリの供給温度プロファイルを、少なくとも、前記インゴットの切り込み深さが直径の1/2に達してから供給温度が徐々に上昇するプロファイルとすることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の切断方法。
- [4] 前記切断用スラリの供給温度プロファイルを、前記インゴットの切断開始時から、供給温度が徐々に上昇するプロファイルとすることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の切断方法。
- [5] 請求項1から請求項4のいずれか一項に記載の切断方法により反りが一方向に揃ったウェーハを切り出し、該反りが一方向に揃ったウェーハにエピタキシャル層を積層することを特徴とするエピタキシャルウェーハの製造方法。

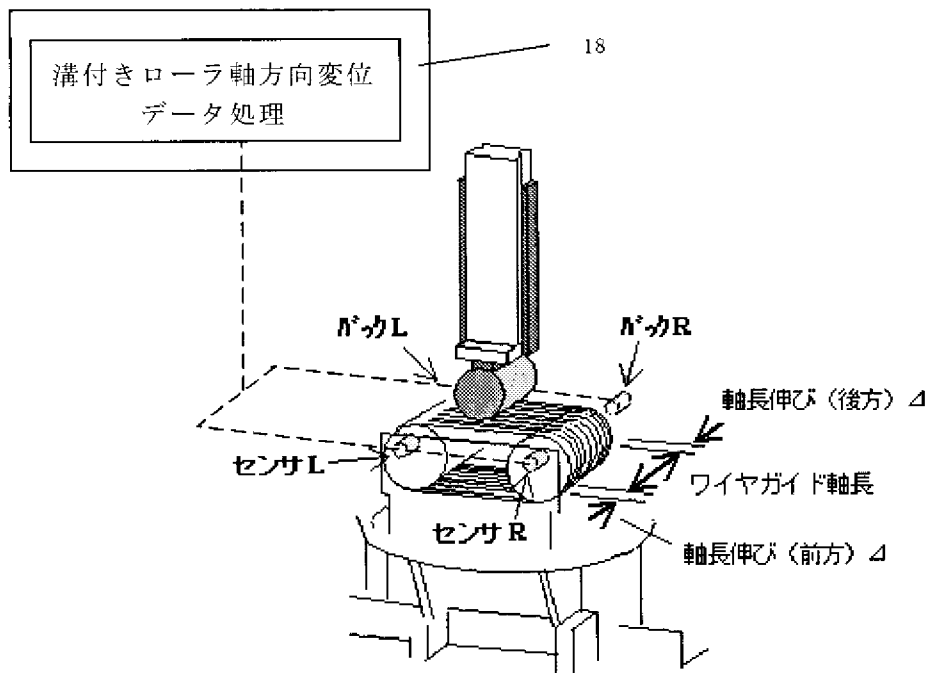
[図1]



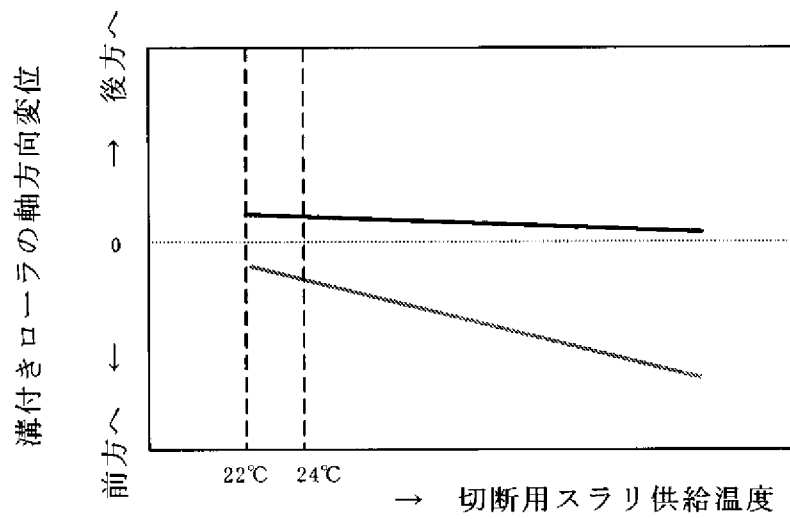
[図2]



[図3]

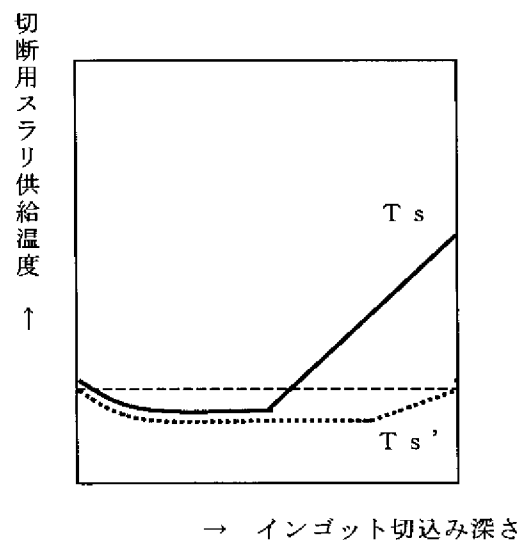


[図4]

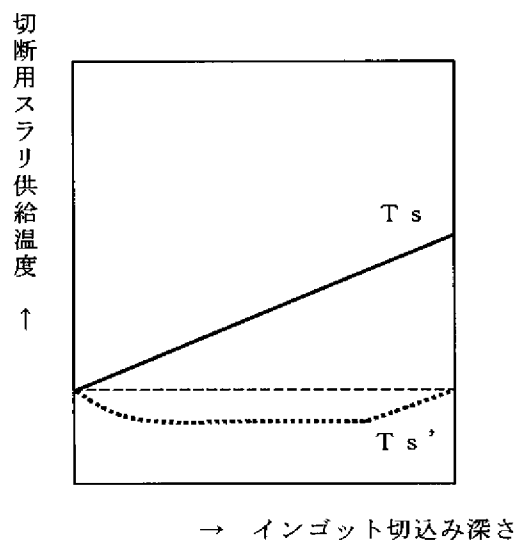


[図5]

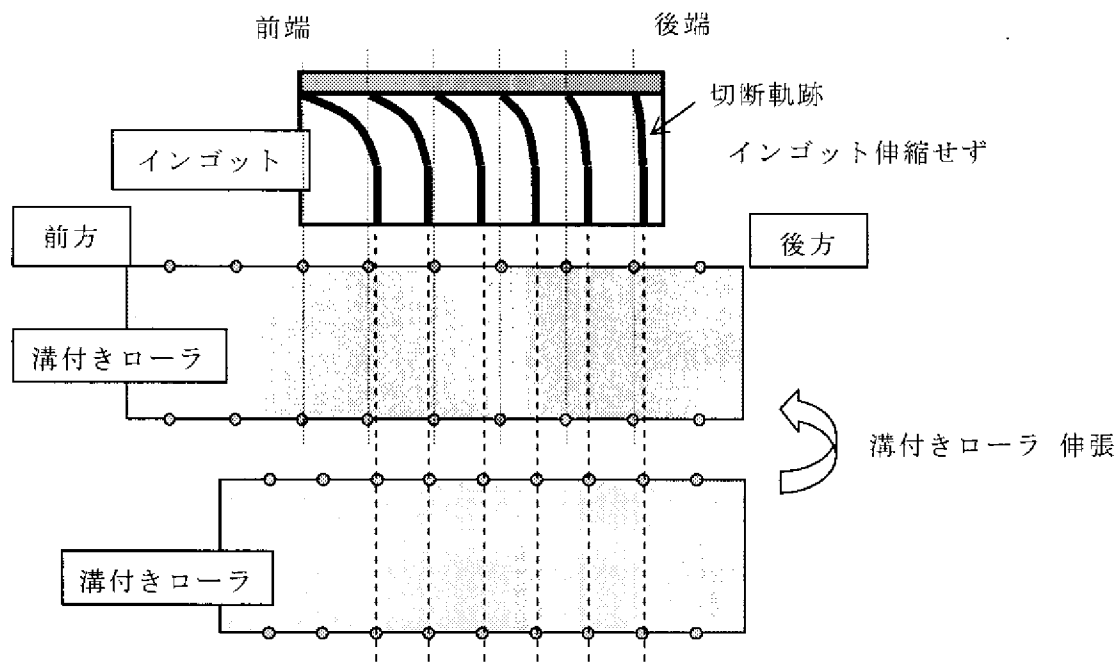
(A)



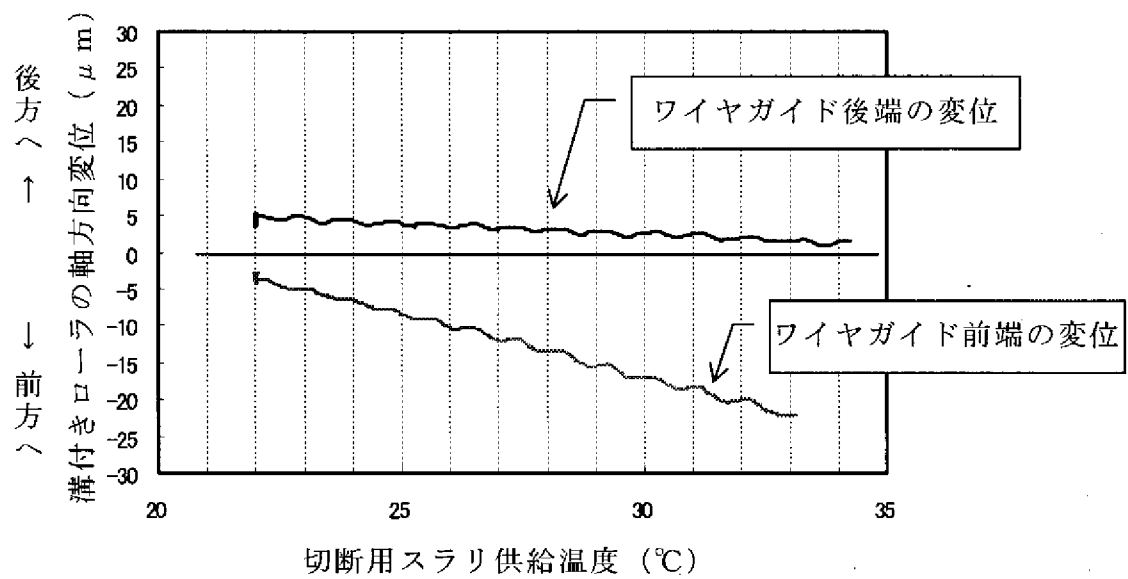
(B)



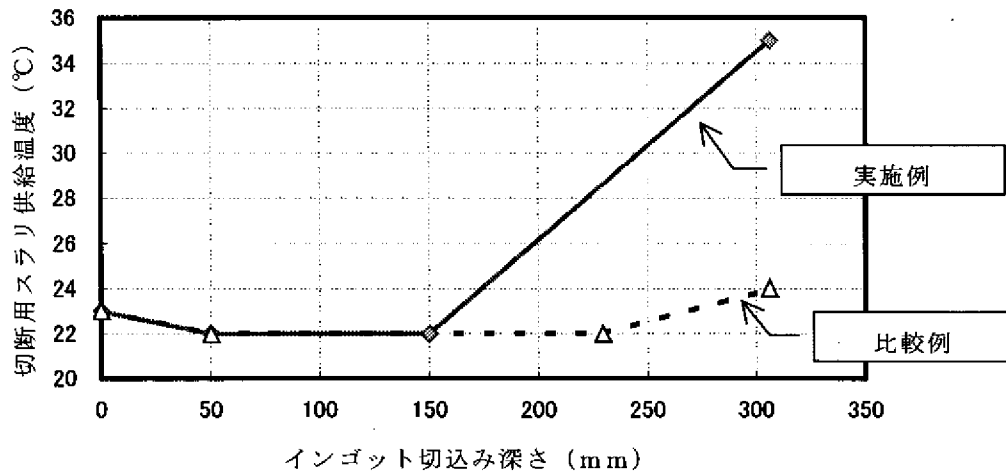
[図6]



[図7]

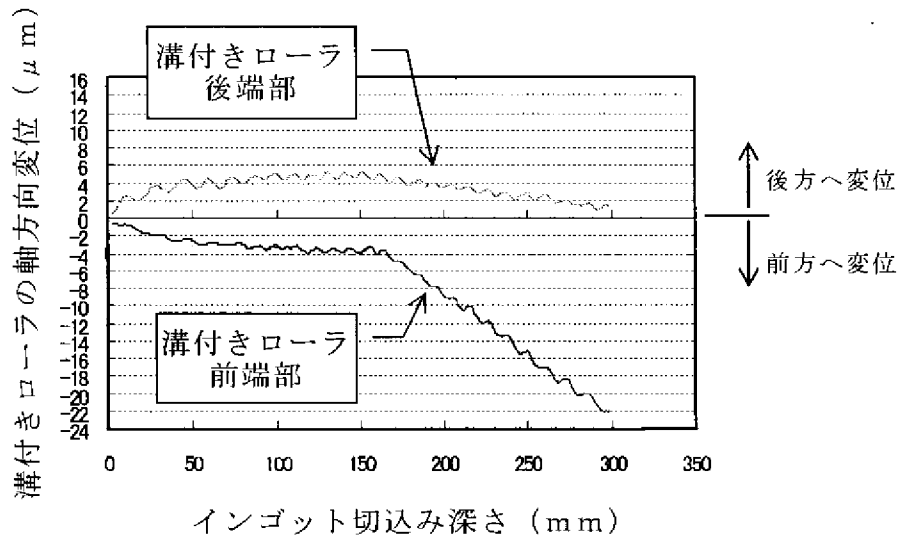


[図8]

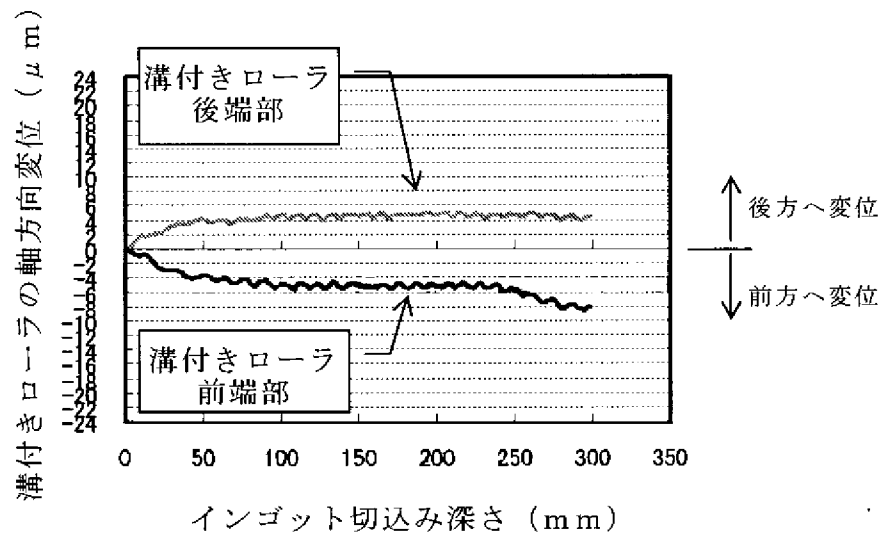


[図9]

(A)

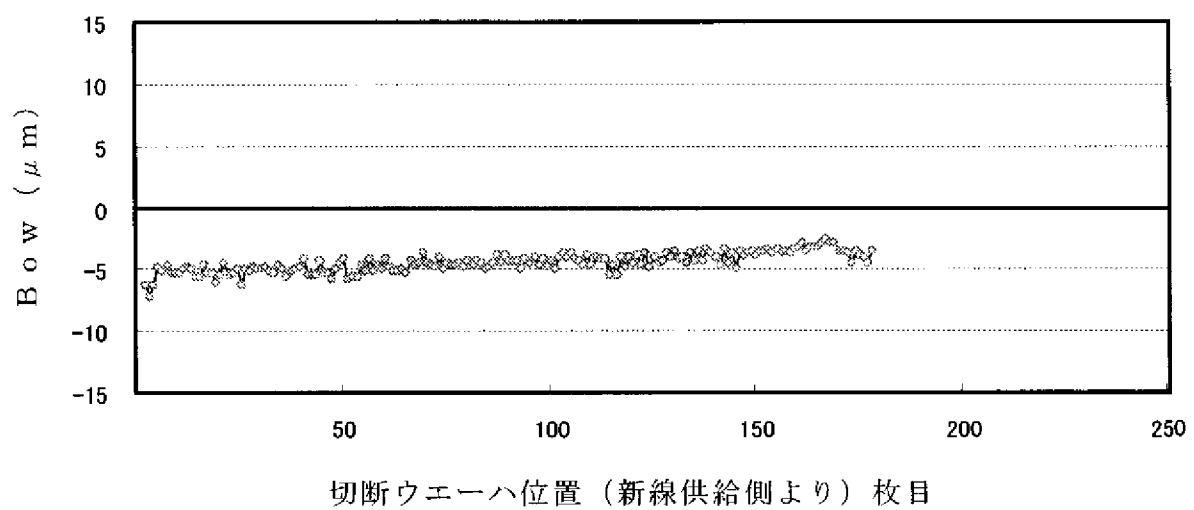


(B)

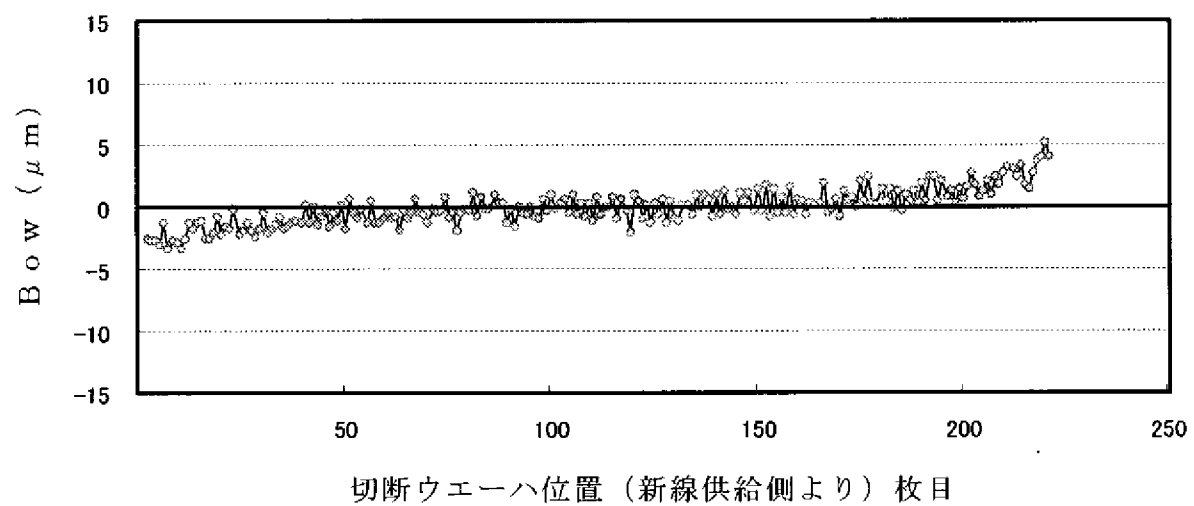


[図10]

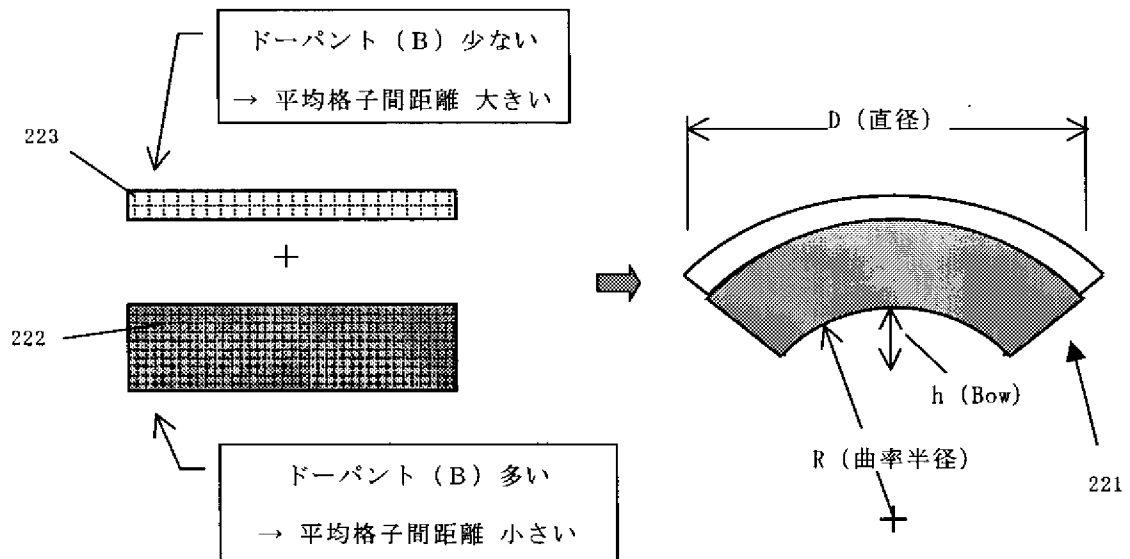
(A)



(B)

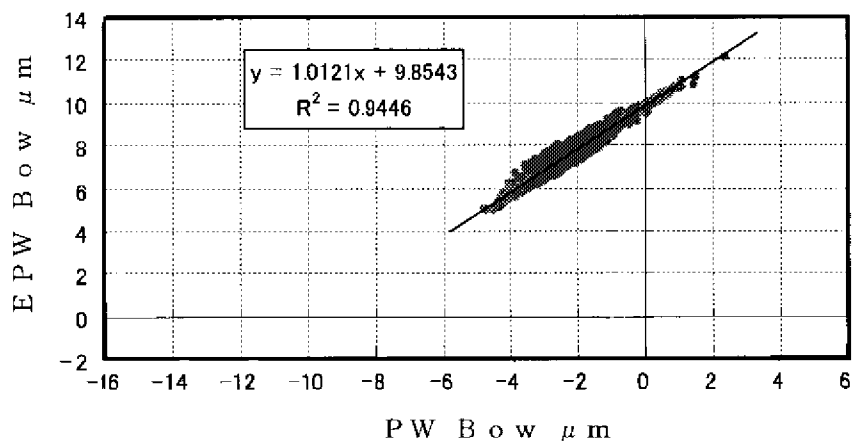


[図13]

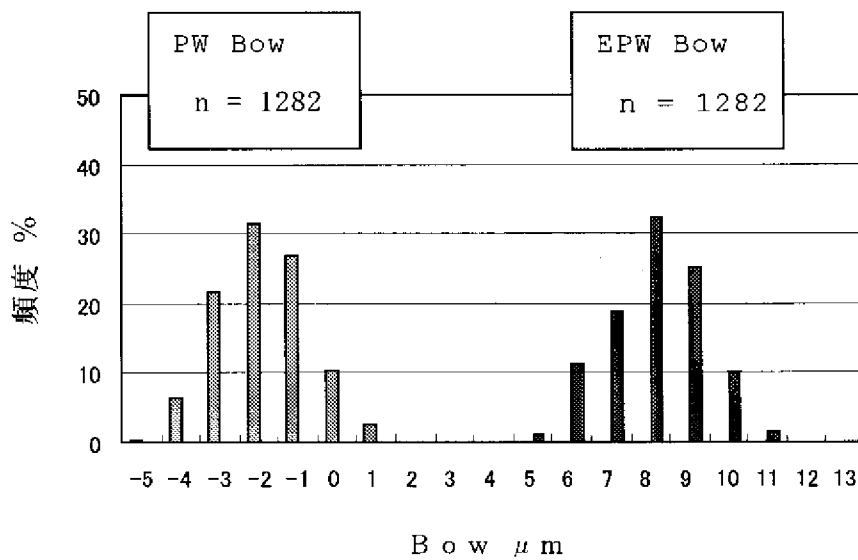


[図14]

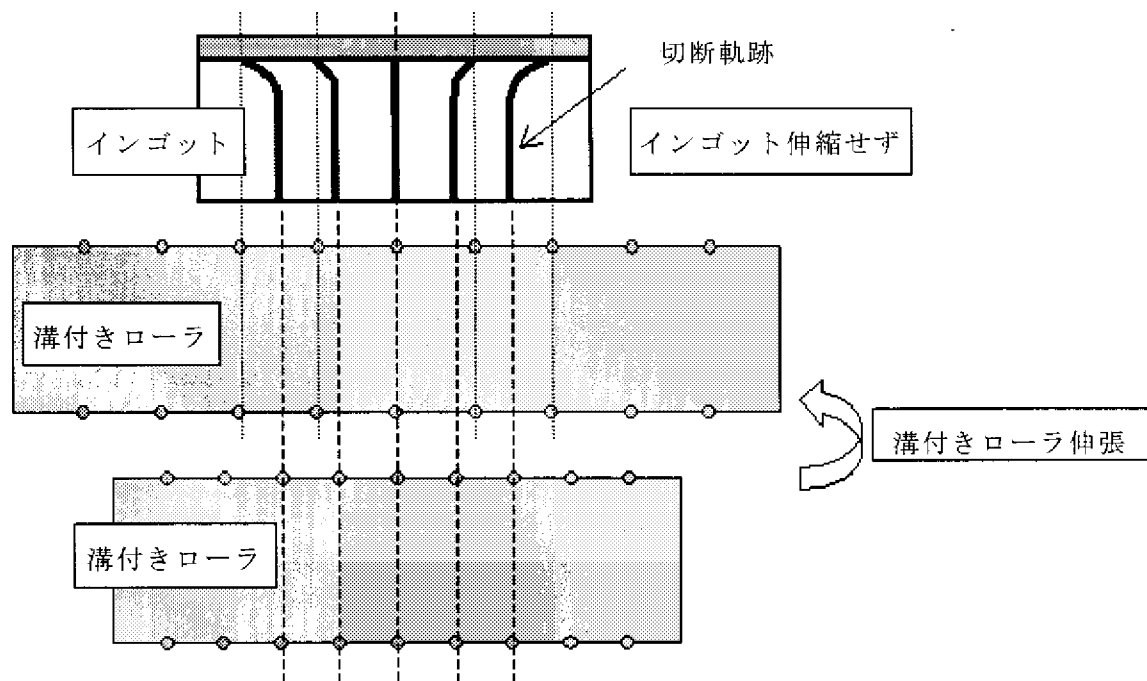
(A)



(B)



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/066231

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/304(2006.01) i, B24B27/06(2006.01) i, B28D5/04(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L21/304, B24B27/06, B28D5/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2007	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2007

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 5-185419 A (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd., Mimasu Handotai Kogyo Kabushiki Kaisha), 27 July, 1993 (27.07.93), Full text; all drawings (Family: none)	1, 2, 4, 5 3
Y A	JP 2003-1624 A (Wacker Siltronic AG.), 08 January, 2003 (08.01.03), Par. No. [0015] & US 6773333 B2	1, 2, 4, 5 3

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
18 October, 2007 (18.10.07)

Date of mailing of the international search report
30 October, 2007 (30.10.07)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H01L21/304(2006.01)i, B24B27/06(2006.01)i, B28D5/04(2006.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H01L21/304, B24B27/06, B28D5/04			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1 9 2 2－1 9 9 6年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1－2 0 0 7年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6－2 0 0 7年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4－2 0 0 7年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
Y A	JP 5-185419 A（信越半導体株式会社, 三益半導体工業株式会社） 1993.07.27, 全文, 全図（ファミリーなし）	1, 2, 4, 5 3	
Y A	JP 2003-1624 A（ワッカー ジルトロニック アクチエンゲゼルシャフト）2003.01.08, 【0015】 & US 6773333 B2	1, 2, 4, 5 3	
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		の日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 1 8 . 1 0 . 2 0 0 7		国際調査報告の発送日 3 0 . 1 0 . 2 0 0 7	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号1 0 0－8 9 1 5 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 小野田 達志 電話番号 0 3－3 5 8 1－1 1 0 1 内線 3 3 6 4	3 P 3 1 1 7