

内周刃ブレードによるシリコンインゴットの切断状態の モニタリングと評価*

江 鐘 偉^{*1}, 長 南 征 二^{*2}
川 嶋 一 夫^{*3}, 武 藤 弘 次^{*4}

Monitoring and Evaluation of ID Blade Cutting Silicon Ingot

Zhongwei JIANG^{*5}, Seiji CHONAN,
Kazuo KAWASHIMA and Koji MUTO

^{*5} Yamaguchi University, Dept. of Mechanical Engineering, 2-16-1, Tokiwadai, Ube, 755-8611 Japan

The silicon ingot must be cut to yield wafers with flat and smooth surface. However, the flatness and the smoothness are easily affected by the cutting condition of the inner-diameter saw blade. In this paper we present an experimental study on real time monitoring of the ID blade slicer cutting the silicon ingot. The vibration and acoustic signals generated during slicing ingot are measured by a piezoelectric 3-axis sensor fixed onto the supporter of the ingot. The collected data are analyzed by wavelet analysis, and indexes for evaluation of the ID blade slicing state are proposed and discussed in detail. The results show that the condition of the blade could be predicted and monitored by the slicing signals with add of the wavelet analysis.

Key Words: ID Blade Slicer, Silicon Ingot, Measurement and Evaluation, Wavelet Analysis, Damage of Blade, Dressing

1. 結 言

近年, ワードプロセッサ, パーソナルコンピュータ, VTRなどの普及に伴う半導体デバイスの需要増加に伴い半導体産業は著しい発展を遂げており, また半導体デバイスの高集積化もなされている. 高集積化を実現するため, 半導体デバイスの素材であるシリコン単結晶インゴットの直径が6", 8"から300mmへとより大口径化へ移行している. 今世紀末までには300mm ウエハのフル生産工場が始動すると予想される. 300mm ウエハの導入は, 8インチウエハに比べ半導体デバイスの生産コストを20%~30%減らすと同時に生産量を2.5倍まで増やすことが可能となる. このようなデバイス高集積化を高生産性と低コストで実現するためには, 製造ラインの各工程で要求される加工精度は一段と厳しくなる. また, 安定な品質の製品を作るためには, これらの生産ラインを全自動化することも必要である.

シリコンインゴットから半導体チップまでの製造工程はウエハの切断(スライシング)から始まる. 切断ウ

エハの平行度や平坦度のばらつきをできるだけ小さく押さえなければ後工程であるラッピングおよびポリッシング工程が複雑となり, 加工工程の自動化に大きな障害をもたらす.

現在のところシリコンウエハの切断には, 歴史の長い内周刃ダイヤモンドブレードと, 近年登場した炭化珪素などの遊離砥粒を用いるワイヤソーが使用されている. ワイヤソーによるスライシングは, カーフロスが少ないこと, 生産性が高いこと, 自動化しやすく大口径インゴットにも対応できるなどの利点を有するものの, 切断するインゴットがある程度長くないと生産効率が悪いことや, ウエハがテーパ状になること, 結晶軸に対する傾きの制御が難しいこと, ワイヤの断線による損害が大ききこと, 大量に発生する廃液の処理に多大な費用がかかるなどの欠点を有する. 一方, 内周刃ブレードはウエハを一枚一枚切断するためその状況を見ながら切断条件を制御することにより高精度なウエハを得ることが可能であり, さらに長い歴史の中で高精度なスライシング技術が蓄積されてきたため安定な切断が可能であり, 使い勝手がよい. そのため, 300mm ウエハの切断に内周刃ブレード利用への要望が依然高いものである. しかしながら, インゴットの大口径化に伴いブレード直径が大きくなり, ブレードの剛性を高めるためにはブレードの刃厚を厚くする方法があるが, 刃厚が厚くなるとカーフロスが大きくなる

* 原稿受付 1998年11月16日.

*¹ 正員, 山口大学工学部 (☎755-8611 宇部市常盤台2-16-1).

*² 正員, 東北大学大学院工学研究科 (☎980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉04).

*³ 旭ダイヤモンド工業(株) (☎290-0515 市原市田尾787).

*⁴ 日本電装(株) (☎448-8661 刈谷市昭和町1-1).

E-mail: jiang@po.cc.yamaguchi-u.ac.jp

という問題が生じる。そのため、切断の精度を保持するには高度なブレードのコントロール技術を導入するしかない。しかしながら、現在内周刃ブレードの切断コントロールはオペレータの熟練経験に強く依存しており、大口径内周刃ブレードによる切断の完全自動化は難しいともいわれている。この自動化の障害となる一番の問題点としては、切断中のブレードの状態をリアルタイムで計測できないことが上げられる。

円板ブレードに関しては今までに数多くの研究が発表されている。まず、ブレードの張り上げに関して大和田¹⁰⁾らはブレード面に複数個の小円孔を設け、その径寸法やピッチ径を素材の圧延方向に変化させることにより内径刃部を真円に近づけることを考え、有限要素法により解析した。Chonan¹⁰⁾らは内周刃ブレードの面内応力分布式を、初期張り上げ応力、回転により生じる遠心力ならびに切断時にインゴットから受ける作用力を考慮して求め、さらにこれらの面内力を受ける回転ブレードの固有振動数とブレードのたわみ変形を解析している。またブレードの振動制御に関して長南¹⁰⁾はアクティブ制御力を用いてブレードの振動を抑制し、切削ロスやウエハの反りを減少させることを考え、空気力などの制御力を与えることにより振動が抑制できることをシミュレーションによって示した。本田¹⁰⁾はインゴットの両側にエアパッドを設け、ブレード面内に制御力を加える装置を開発している。これらの研究では制御用フィードバック信号としてブレード刃先のたわみ情報を用いているが、実際の切断状態を把握するにはまだ十分な情報とは言えず、より高度な切断制御を実現するには切断状態をより正確に把握することが不可欠である。

以上の点に鑑み本研究は、内周刃ブレードの切断状態(ブレードの切れ味、寿命など)ならびにウエハの表面形態への影響を、切断中に発生する振動・音響信号をリアルタイムで計測することにより、定量的に評価することを試みるものである。本報では実験条件の制約で6インチインゴットを用いて実験を行い、切断する際に発生する振動・音響信号を3軸圧電センサにより測定し、ウェーブレット解析により信号を各周波数レベルに分解、得られた情報からブレードの異方性や切断状態等への影響をモニターする計測法と評価法を提案し、合わせてその有効性を検証する。

2. 切断信号の計測と信号処理

シリコンインゴット切断中に発生する振動・音響信号は、ブレードの切断状態ならびにウエハの品質と密接な関係にあると考えられる。本節ではインゴット切断

信号の計測法ならびにそのデータ処理法について示す。

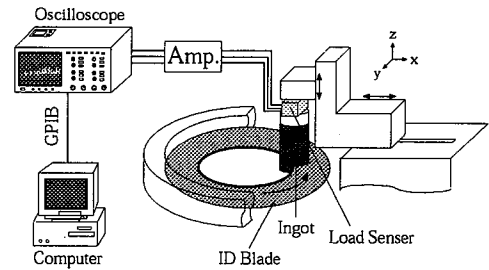


Fig.1 Ingotslicing experimental setup.

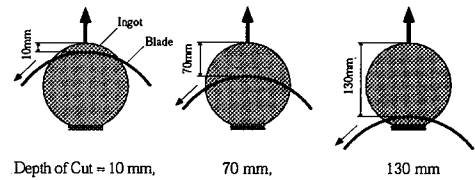


Fig.2 Definition of the depth of cut of wafer.

2.1 切断信号計測システム

図1にウエハ切断中に発生する振動・音響信号の計測システムを示す。ウエハの切断は、シリコンインゴットを高速回転している内周刃ブレードの中心部よりX軸方向に送ることにより行われる。内周刃ブレードはステンレス製のドーナツ状薄板で、内周の刃先全域にわたってダイヤモンド砥粒が電着により結合されている。また、内周刃ブレードは切削ロスを軽減するためかなり薄く作られており、そのためブレードを使用するには平坦度を維持しつつ半径方向に張り上げて初期応力を与え、ブレードの剛性を増大させている。しかしながら、ブレード台金の圧延に起因する直交異方性や、切削作用をしているダイヤモンドの脱落など作用点の変化はウエハの切断状態に大きく影響を与える。これらの情報は直接検出することは困難であるため、ここでは切断中の振動・音響信号をシリコンインゴット接続部に固定された3軸圧電センサ(KISTLER)を用いて計測し、特徴的な信号を抽出することを試みる。具体的には、3軸圧電センサで得られた切断信号をデジタルストレージオシロスコープに一旦記録し、GP-IBカードによりコンピュータに転送しデータ解析を行い、信号と切断状態との対比関係を調べる。信号測定は図2に示すように、インゴット送り量すなわちブレードのインゴットへの切り込み量が10mm、70mmおよび130mmの位置で行った。またデータのサンプリ

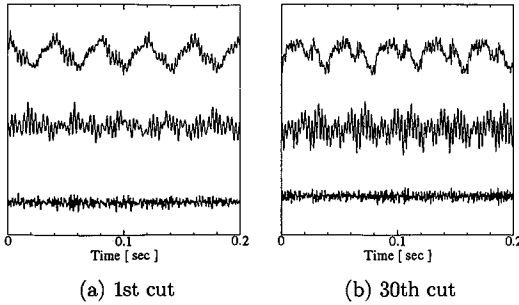


Fig.3 Time histories of cutting signals in different stages.

グ周波数は40kHz, 測定時間は0.2secとした. なお, スライサの運転条件はブレード張り上げ量が内半径拡大量にして1100 μ m, ブレード回転速度が1480rpm, インゴット径が6inch, インゴット送り速度が50mm/minである.

インゴット上部に取りつけたセンサにより検出された切断中の振動波形の例を図3に示す. 各図において上段がX軸, 中段がY軸, 下段がZ軸方向の信号を示している. 図からも分かるように, ウエハの切断振動信号には各軸ともに多くの周波数成分が混在している. 図(a)は1枚目のウエハを切断したときの信号, (b)は連続切断で30枚目のウエハの切断中に検出された振動波形である. 切り込み量はいずれも70mm 時の結果である. 図より信号波形の様子が(a)(b)で明らかに異なっていることが分かる. これは刃先のダイヤモンド砥粒が切断枚数の増加に伴い, 砥粒の劣化や目詰まりによるものと思われる.

このように振動・音響信号はインゴットやブレードの状態によって刻々と変化するが, このような信号を測定し切断状態を定量的に評価するため, 以下ウェーブレット信号解析法を導入する.

2.2 ウェーブレット解析ならびに評価式

信号 $f(x)$ のウェーブレット変換はマザー・ウェーブレット関数 $\psi(x)$ によって次のように定義される.

$$d_k^{(j)} = 2^j \int_{-\infty}^{\infty} \overline{\psi(2^j x - k)} f(x) dx \dots\dots\dots (1)$$

スケーリング関数 $\phi(x)$ を用いてその逆変換は

$$f(x) \sim \sum_j \sum_k d_k^{(j)} \phi(2^j x - k) = \sum_j g_j(x) \cdot (2)$$

である. 本論文では, マザー・ウェーブレット関数 $\psi(x)$ およびスケーリング関数 $\phi(x)$ として4階のカーディナ

ルBスプラインを用いた. すなわち

$$N_4(x) = \frac{1}{6} \sum_{k=0}^4 (-1)^k \binom{4}{k} (x - k)^3,$$

$$\phi(x) = \sum_{k=0}^4 p_k N_4(2x - k),$$

$$\psi(x) = \sum_{k=0}^{3 \times 4 - 1} q_k N_4(2x - k). \dots\dots\dots (3)$$

さらに分解アルゴリズムを使うと

$$d_k^{(j-1)} = \frac{1}{2} \sum_l h_{2k-l} c_l^{(j)},$$

$$c_k^{(j-1)} = \frac{1}{2} \sum_l g_{2k-l} c_l^{(j)}. \dots\dots\dots (4)$$

ここで, ツー・スケール数列 $\{p_k\}$ と $\{q_k\}$ はフーリエ変換より次のように求まる.

$$p_k = \frac{1}{2^{4-1}} \binom{4}{k} \quad (k = 0, \dots, 4),$$

$$q_k = \frac{(-1)^k}{2^{4-1}} \sum_{l=0}^4 \binom{4}{l} N_{2+4}(k+1-l), \dots\dots (5)$$

$$k = 0, \dots, (3 \times 4 - 2).$$

また, 分解数列 $\{g_k\}, \{h_k\}$ は次式からその値を読み取ることができる¹⁷⁾.

$$G(z) = \sum_{k=-2n-7}^{2n+3} \frac{1}{2} g_k z^k$$

$$= \frac{E_7(z)}{z^3} \left(\frac{1+z^{-1}}{2} \right)^4 \sum_{k=-n}^n \alpha_k z^{2k} \dots\dots (6)$$

$$H(z) = \sum_{k=-2n-7}^{2n-3} \frac{1}{2} h_k z^k$$

$$= -\frac{7!}{z^7} \left(\frac{1-z}{2} \right)^4 \sum_{k=-n}^n \alpha_k z^{2k} \dots\dots\dots (7)$$

さて, 式(4)を解くに当たりまず初期値 $c_k^{(0)}$ を求める必要がある. ここで信号 $f(l)$ を補間する関数 $f_0(x)$

$$f_0(x) = \sum_k c_k^{(0)} N_4(x - k), \dots\dots\dots (8)$$

を用いることにより

$$c_k^{(0)} = \sum_l \beta_{k+2-l}^{(4)} f(l),$$

$$\beta_k^{(4)} = \sqrt{3}(\sqrt{3}-2)^{|k|}. \dots\dots\dots (9)$$

が得られる. 従ってウェーブレット係数 $g_j(x)$ は次式で求まる.

$$g_j(x) = \sum_k d_k^{(j)} \psi(2^j x - k). \dots\dots\dots (10)$$

内周刃スライサの切断状態を定量的に評価するため、以下の評価式を導入する。

レベル j におけるウェーブレット係数 g_j の平均値：

$$Ga(j) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |g_j(i)|, \dots\dots\dots (11)$$

レベル j におけるウェーブレット係数 g_j の最大値：

$$Gm(j) = \max[|g_j(i)|], \quad i = 1 \dots N, \dots\dots\dots (12)$$

最大値 $Gm(j)$ の平均値：

$$Gma(j) = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K Gm_k(j), \dots\dots\dots (13)$$

標準偏差値：

$$SGm(j) = \sqrt{\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K [Gm_k(j) - Gma(j)]^2} \dots (14)$$

ここに、 N は1データ内の信号数、 K はデータ取得したウエハの枚数を表す。また、 $Ga(j)$ 、 $Gm(j)$ はレベル j における各々の信号の強さを、 $Gma(j)$ 、 $SGm(j)$ は各ブレードの切断抵抗の大きさとばらつきを示すものである。

3. 切断状態モニタリングと評価

3.1 刃先損傷の検出

ブレードの切断状態モニタリングにインゴット切断中の振動・音響信号を用いることの有効性を示すため、まず、刃先に傷のあるブレードおよび正常なブレードの2種類について信号の比較検討を行う。図4に切り刃であるダイヤモンド砥粒層の一部が刃先から140 μ mの辺りで反り上がっている様子を示す。実際にこのようなブレードを留意せずに使用し続けるとブレードが突発的に破損し人身事故を引き起こしかねない。この損傷ブレード及び正常ブレードに対して得られた切断振動波形の一例を図5に示す。各図において上段がX軸、中段がY軸方向の信号を表している。また下段はブレードの回転周期を示すパルス信号である。

図よりX軸とY軸ともに切断位置の変化による信号の変動がみられ、回転パルスすなわちブレードの回転の周期に依存した振動が生じていることが分かる。また、正常ブレードの切断信号に比べて、傷のある損傷ブレードにおいては傷の生じている部分で切断信号に高いピークが立っていることから、切断信号を計測することでブレードの損傷状態をリアルタイムでモニタリングできることが分かる。

図5に示した信号にウェーブレット変換を施した結果を図6に示す。図中、最上段($j = 0$)が図5に示したも

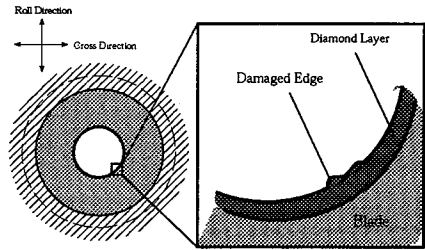
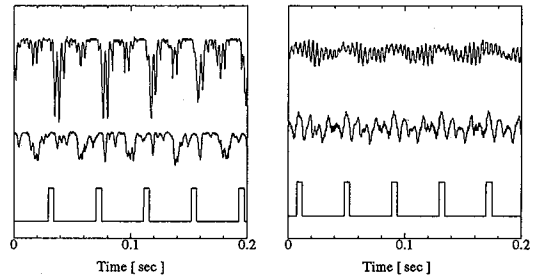
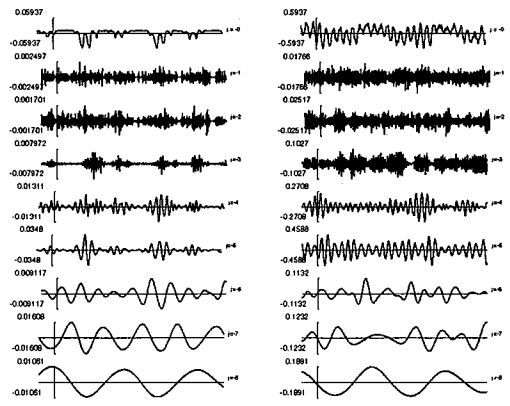


Fig.4 Aspect of damaged edge of blade.



(a) Damaged blade (b) Normal blade
Fig.5 Signals of damaged blade and normal blade.



(a) Damaged blade (b) Normal blade
Fig.6 Example of wavelet analysis results.

との振動波形を表し、2段目以降が各周波数レベルに分解したウェーブレット信号である。なお各レベルの縦軸は各ウェーブレット信号の最大振幅値を最大レンジにとっているため、各レベルの縦軸の値は異なっている。また、損傷ブレードが発生する信号はかなり大きくデータがオーバーフローしたため、損傷ブレードについてはセンサのプリアンプゲインを下げて計測を行った。図(a)を図(b)と比較してみると、レベル $j = -3, -4, -5$ について傷のあるブレードにうねりがより強く出ていることが分かる。これは刃先の傷によるものであるため、これらのうねりを何らかの方法で数値化で

Table 1 Ratio of maximum amplitude to the average.

Level j	Damaged Blade		Normal Blade	
	x	y	x	y
-3	5.09	5.95	3.95	3.70
-4	4.86	4.69	2.83	2.81
-5	4.63	3.65	3.56	2.80
-6	2.28	2.15	2.49	1.90

できれば、ブレード刃先の損傷状態を定量的に評価できるものと考えられる。

そこでうねりの強さを表す一つ簡単な方法として、以下にうねりの平均値に対する最大値の比を用いることでブレード刃先の損傷状態の定量化を試みる。表1にウェーブレット信号のレベル $j = -3$ から $j = -6$ までの比の値を示す。表より、正常ブレードに対して損傷ブレードはレベル $j = -3$ から $j = -5$ までの値がかなり高くなっていることが分かる。ウェーブレット変換は元の信号を周波数に対応する各レベルに分解できるため、各レベルのうねりの強さの組み合わせから損傷の大きさと性質を定量的に評価することが可能である。

3.2 刃先の真円度による影響

内周刃ブレードを用いてシリコンインゴットを切断する際には、ブレードが非常に薄いためその剛性を高める必要がある。そのため、ブレードの外周から半径方向に初期応力を加えながら、内周刃先を真円に張り上げる。一方、ブレード刃先の真円度はウエハの品質ならびにブレードの耐久性に大きな影響を及ぼすことが経験から知られている。本節では、張り上げの誤差やブレード台金の異方性によりブレードの内周部が楕円形状になった状態での切断について考察する。

本実験では、ブレード内周の楕円形状を以下のようにして形成した。まず内半径拡大量にして $900\mu\text{m}$ まで一様にブレードを真円に張り上げ、次に図7に示すように(a) 1-3のロール方向、または(b) 2-4のクロス方向をさらに $200\mu\text{m}$ 余分に内半径拡大量が $1100\mu\text{m}$ になるまで張り上げる。以下、便宜上1-3のロール方向を拡大したブレードをブレードF、2-4のクロス方向を拡大したものをブレードGと称する。

ブレードFとブレードGを用いた場合に得られたデータをウェーブレット変換し、式(11)により算出した平均値 $Ga(j)$ の結果を図8に示す。各図において横軸はウェーブレット信号の周波数レベル、縦軸はウェー

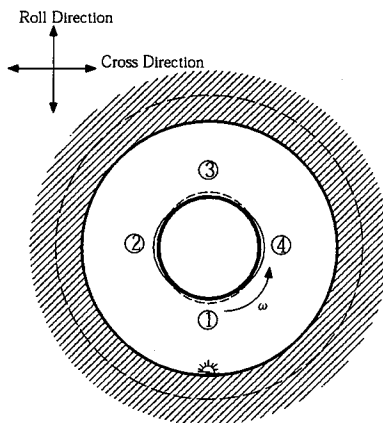


Fig.7 Oval Shape of inner edge of blade.

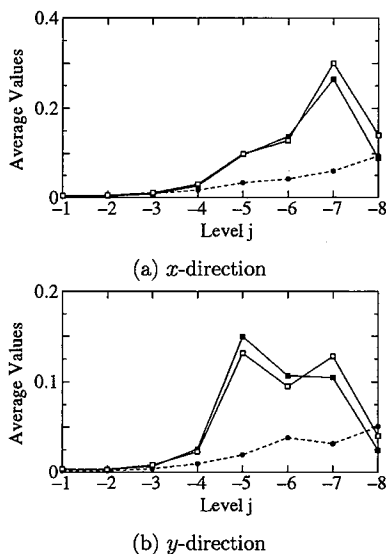


Fig.8 Average $Ga(j)$; ■: Blade F, □: Blade G, ●: Circular inner edge.

レット係数の平均値 $Ga(j)$ を表している。また真円に張り上げた場合の結果を点線で示している。図より、楕円張り上げブレードを通常真円張り上げブレードと比較すると平均値 $Ga(j)$ はレベル $j = (-5, -6, -7)$ でかなり高くなっていることが分かる。ちなみに、ブレードの回転数は約 25Hz であり、レベル $j = (-5, -6, -7)$ にはそれぞれの回転数の 8, 4, 2 倍の周波数成分が顕著に含まれている。これは、ブレード内周部を楕円形状にしたことにより短軸方向の切り刃だけが主にインゴットの切断に関与しているため、ブレードの回転数に比例した振動信号が強くなることによる。従って、楕円形状の刃先では刃先の切断負担個所が偏って

大きな振動を引き起こし、ブレードの寿命ならびにウエハの品質に悪影響を及ぼすことが言える。

3.3 ブレード切断状態モニタリングと切れ味の評価

ウエハ切断中の振動・音響信号からブレードの切断状態をリアルタイムでモニタリングする可能性を検討するため、ブレード台金の剛性や刃先のダイヤモンド砥粒の大きさが異なる3種類のブレードについて、それぞれ40枚のウエハを連続切断し、3枚ごとにその切断振動・音響信号を計測し、ウェーブレット解析を行った。これらのブレードの物性値を表2に示す。また、ウェーブレット処理を施した結果を図9に示す。

実験に使用した Blade L と M (表2) はブレード台金のヤング率が異なるが、刃先のダイヤモンド粒子の大きさは同じであり、Blade M と N は台金のヤング率が同じである一方で刃先のダイヤモンド粒子の大きさが異なる。

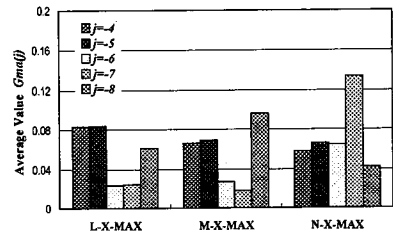
図9は切断信号をウェーブレット分解し得られたレベル $j = -4$ から -8 までの $G_{ma}(j)$ と $S_{Gm}(j)$ を棒グラフで表したものである。ここで、 $G_{ma}(j)$ は式(13)による、あるブレードで切断したすべてのウエハで計測された信号の最大振幅の平均値である。 $G_{ma}(j)$ はブレードの各周波数に対応する切断抵抗を表しており、ブレード台金の異方性や切れ味の指標と考えることとする。また、 $S_{Gm}(j)$ は式(14)による各ウエハの最大振幅値の平均値に対する標準偏差であり、以下にウエハ切断抵抗のばらつきの指標として用いる。両図より、刃先砥粒の大きい Blade N の振幅は砥粒の小さいブレードより大きい、標準偏差はかなり小さいことが分かる。これは、Blade N がより安定的に切削していることを表わしている。また、各棒グラフの分布のパターンを見てみると、台金性質の異なる Blade L と M ではほぼ同じ分布を示しているが、Blade M と N の比較から分かるように台金の性質が同じでも刃先のダイヤモンド粒子の大きさが異なると、そのウェーブレットパターンがかなり違ってくるのが分かる。ちなみに、図中の $j = -8$ におけるデータの中心周波数は 20Hz

Table 2 Properties of the blades

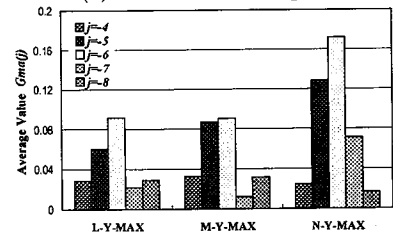
Blade ID	L	M	N
Lot No.	7335	8575	8575
Young's Modulus E_{roll} (GN/m ²)	174	191	191
Young's Modulus E_{cross} (GN/m ²)	193	217	217
Width of diamond layer(mm)	2.0	2.0	2.0
Diamond grit size(μ m)	40~60	40~60	50~70

でブレードの回転数に対応している。Blade L と M ではレベル $j = -8$ の値がかなり高いことから、ブレードのある一個所がウエハの切断に主に寄与していることが予想され、ブレードの使用寿命に影響を及ぼす可能性のあるものと判断される。

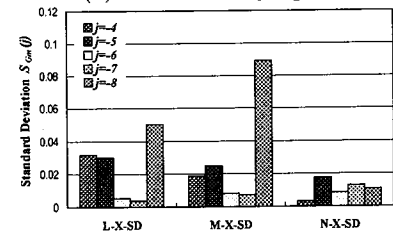
さて、図3(a)と(b)を再度比較してみると、切断1枚目の信号と30枚目の信号にはかなりの違いが見られる。一般にウエハの切断枚数が増えるに従い砥粒の目詰まりにより切断抵抗が増大し、また片減りなどによりブレード刃先のインゴットに対する切り込み方向が変化する。これらの現象は切断振動を引き起こし、切断抵抗を増大させるものとなる。その処置として現場



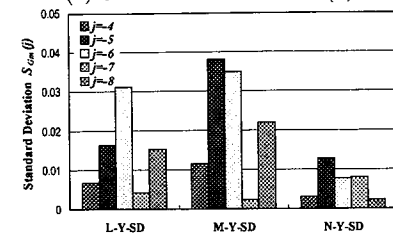
(a) Maximum of x signal



(b) Maximum of y signal



(c) Standard deviation of (a)



(d) Standard deviation of (b)

Fig.9 Bar patterns of maximum and standard deviation values at each level(j).

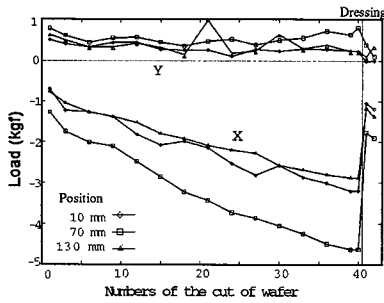


Fig. 10 Cutting force monitoring by DC ingredient of the signal.

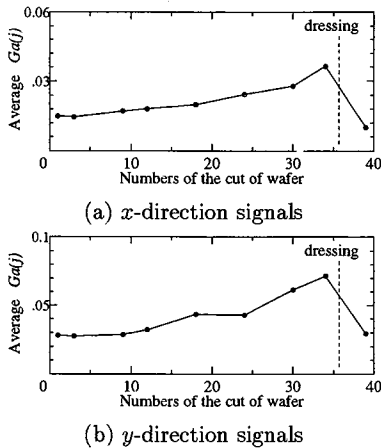


Fig. 11 Dressing effect monitoring by the average values $Ga(j)$.

では、ブレードの切れ味が悪くなる時点でブレード刃部にドレッシングを施し、目詰まりとなったダイヤモンド砥粒を整形し、ブレードの切断抵抗を低減させている。一方で、刃先の切り込み方向を制御するために刃先ドレッシングを施すこともしばしばある。

以下では、ブレードに対するドレッシング効果と刃先状態の評価について検討する。この実験では、連続40枚ウエハ切断後にテーブルドレッシングを行った。

図10と11に連続切断した場合の切断抵抗の変化およびドレッシング効果を示す。図10は切断信号から抽出したDC成分であり、これはウエハ製造メーカーでブレード切断状態の評価値として実際に用いられているものに相当する。また、図11は切断信号にウェーブレット変換を施し得られた高周波数レベル信号の一例を示したものである。

図10では x 方向、すなわちウエハ切断の送り方向の信号レベルが切断枚数の増加に伴い徐々に大きくなり、切断40枚目のテーブルドレッシング後に、切断抵抗が

一気に減少していることが分かる。これは、ウエハの送り速度が一定に設定されており、ブレードの切れ味が悪くなると1回転につき切断される量が少なくなり、 x 方向への押し付け力が大きくなるためである。ドレッシングを行うと刃先の目詰まり部分が清掃され、ダイヤモンド砥粒も整形されるためブレードの切れ味が回復することとなる。しかしながら、 y 方向の信号については切断枚数及びドレッシングによる影響があまり見られない。これは、 y 方向の信号から得られるDC成分では切断枚数の影響とドレッシング効果が評価できないことを意味する。

一方、本研究で提案した計測・評価法を用いた場合、図11より x と y 両方向の信号からブレードの連続切断状態とドレッシング効果をモニターリングできることが分かる。これより、切断状態に大きく関与する切断方向(y 方向)の信号からより有用な情報を抽出し、ブレードの切断状態をリアルタイムでモニターリングする手法の開発に本計測・評価法は寄与するものと考えられる。

4. 結 論

シリコンインゴットを切断する際に発生する振動・音響信号から内周刃ブレードの切断状態をリアルタイムでモニターリングする手法を提案し、その有効性を実験により検証した。得られた結果を要約すると以下のようなになる。

1. シリコンインゴット切断中に発生する振動・音響信号を抽出し信号処理を施すことで、従来の切断抵抗情報のみでは困難であったブレードの切断状態をリアルタイムでモニターリングできることを示唆した。
2. ブレード刃先の損傷状況、ブレード刃先の真円度、切れ味およびドレッシング効果などをウエハ切断信号から計測、評価する方法を提案した。

文 献

- (1) 大和田, 伊庭, 尾田, 山崎, 日本機械学会第56期全国大会講演論文集, 780(1978), 68-70.
- (2) 大和田, 伊庭, 尾田, 山崎, 日本機械学会第59期全国大会講演論文集, 810(1981), 81-83.
- (3) S. Chonan, Z. W. Jiang and Y. Yuki, ASME Journal of Mechanical Design, 115 (1993) 711-717.
- (4) S. Chonan, Z. W. Jiang and Y. Yuki, ASME Journal of Vibration and Acoustics, 115 (1993) 529-534.
- (5) 長南, 江, 増井, 機論C, 60(1994), 498-505.
- (6) 本田, 精密工学会誌, 60(1994), 173-177.
- (7) 榊原, 東京電機大学出版局, (1995).