

331 ビトリファイドダイヤモンド砥石による単結晶シリコンウエハの研削

Grinding of single crystal silicon wafer by vitrified diamond wheel

稲葉 文夫・足利工大

Fumio INABA, Ashikaga Institute of Technology

金井 彰・足利工大

Akira KANAI, Ashikaga Institute of Technology

朝海 陽毅・足利工大

Yooki ASAKAI, Ashikaga Institute of Technology

Key Words: Single crystal silicon wafer, Precision grinding, Vitrified diamond wheel, Grinding force, Surface roughness

1. まえがき

半導体デバイスの需要は IT 分野にとどまらず、最近
は裾野の広く高機能化した家電製品の製造を目指すデジ
タル家電分野および安全性の高い自動車製造の実現を目
指している自動車産業にも広がってきた。これに伴って、
IC の基板となっている単結晶シリコンウエハの需要も増
え、高精度・高能率化への要求はますます高まるといえる。

従来からシリコンウエハの加工は圧力転写原理に基づ
いたラッピングやポリッシングが中心となってきたが、高
まる加工能率に対する要求に限界があるといわれてきた
ラッピングに替わって、高い厚み精度と割れを伴わない加
工面の創成に対する期待が研削加工に寄せられてきた。特
にビトリファイドボンドダイヤモンド砥石はメタルボ
ンド砥石と異なりウエハに電氣的悪影響を与えない点でシ
リコンウエハの研削において主流となっているが、長い研
削時間にわたる研削特性の基礎データが少ない。

そこで本研究ではビトリファイドダイヤモンド砥石を
用いた単結晶シリコンウエハの研削において多くの累積
研削に対する研削特性として研削抵抗、加工面の粗さおよ
び砥石作業面の推移を検討した。

2. 研削方法および条件

実験に用いた研削盤は立軸ロータリテーブル型平面
研削盤で、砥石軸端とロータリテーブル間の剛性は $150 \text{ N}/\mu\text{m}$
と高くまた工作物に対する砥石の切込み分解能は 10 nm/step
と高い。油静圧支持されたロータリテーブルはその
上にシリコンウエハ吸着用真空チャックを取り付けている。
ロータリテーブルのスラスト軸受けの静圧ポケットには圧
力センサが取付けられていて法線研削抵抗を検知できる設
計になっている。研削条件を表 1 に示す。砥石は平均粒径 $5 \mu\text{m}$ 、集中度 170 のカップ形ビトリファイドボンドダイアモ
ンド砥石である。被削材には 6 インチ径の単結晶シリコンウ
エハを用いている。研削実験に先立って 2 倍以上の周速度の
カップ形 GC 砥石にて研削砥石にドレッシングを兼ねたツル
ーイングを施し砥石作業面のうねりを $0.5 \mu\text{m}$ 程度に仕上げ
た。研削時には目つまりを防ぐために研削点の他に研削液を
工作物と干渉しない側の砥石作業面に垂直に噴きかけた。

研削実験はプランジにて法線研削抵抗を測りながら行な
った。研削後シリコンウエハの半径方向の 3 箇所について加
工表面の粗さを光学式 3 次元粗さ計で測定し所定の面内にお
ける算術平均粗さ SRA を求めた。研削後の砥石作業面の測定
は先端半径 $5 \mu\text{m}$ の触針式 3 次元粗さ計によって行なった。

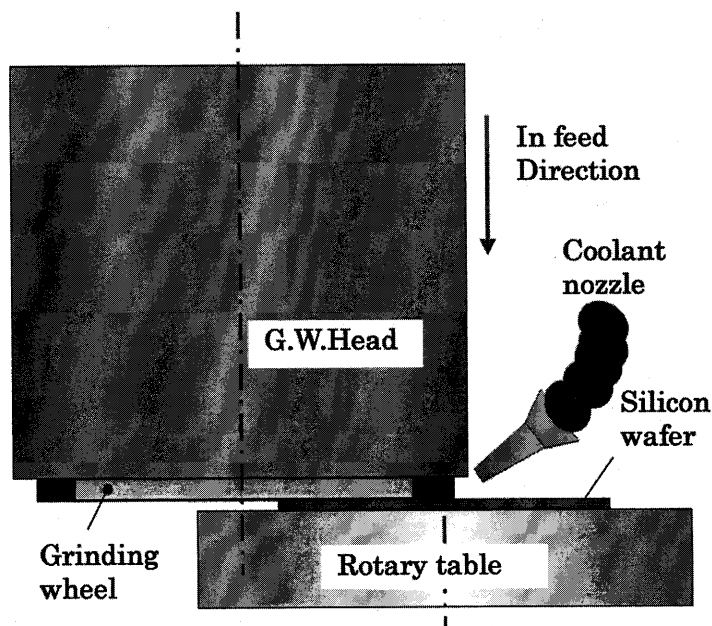


Fig.1 grinding method

Table.1 Grinding conditions

Grinding machine	Stiffness (Wheel spindle end—table)	$150 \text{ N}/\mu\text{m}$
	In feed resolution	10 nm/step
Grinding wheel	SD3000N170V	
Work piece	Single crystal silicon wafer of 6 inch	
Grinding conditions	Grinding method	plunge
	Rotational speed of grinding wheel	1500 rpm
	Rotational speed of worktable	20 rpm
	Wheel infeed rate	$0.12 \mu\text{m/sec}$
	Spark out time	10 sec
	Coolant (water)	15 L/min

3. 研削結果および考察

3.1 法線研削抵抗と加工表面の粗さ

累積研削体積に伴う法線研削抵抗を菱形の記号で示した。7.3 mm×5.5 mm の測定面内における算術平均粗さ SRa を四角形の記号で図2に示す。累積研削体積 5000 mm³ までは研削抵抗は 9 N から 14 N の範囲でばらつきながらやや高めで推移している。しかし、6000 mm³ 以降になると研削抵抗は低下する傾向が認められる。

粗さは研削初期においては変動が認められるものの 60 nm から 80 nm の範囲で安定している。これら二つのデータからは研削抵抗と加工面の粗さの相関を見出すことはできない。

3.2 砥石作業面の砥粒の突出しの状況と加工表面の粗さ

図3では累積研削体積に伴う砥石作業面の突出し状況の推移を 1mm×1mm 面内における算術平均粗さ SRa で定義して観察と定量的評価を試みた結果および図2と同様に砥石作業面の測定時のウェハ研削加工面の面内算術平均粗さを示す。研削初期の段階で砥石作業面の凹凸は大きくその後突出しは若干の変動を伴いながら落ち着いていく傾向が認められる。研削加工面の粗さ SRa は同一の位相ではないが砥石の突出しの傾向とやや似た傾向がある。これはドレッシング直後の砥石作業面砥粒の保持力は弱く脱落しやすい状況にあり、研削時に砥石とシリコンウェハの間に脱落砥粒が巻き込まれ加工面の粗さが大きくなったものと思われる。累積研削体積 2000 mm³ 以上になると保持力の軟弱だった砥粒の脱落が少なくなって研削中に巻き込まれる砥粒がなく比較的粗さは安定したものと思われる。

3.3 砥石作業面のトポグラフィ

図4には触針式3次元粗さ計で 1mm×1mm における砥石作業面のトポグラフィ (a) 研削前 (ドレッシング後) のものと (b) 累積研削体積 7500 mm³ におけるものについて示す。研削前のトポグラフィ (a) では比較的一様にツルツル・ドレッシングされていて砥石作業面には荒れた部分はほとんど認められない。一方、(b) の累積研削体積 7500 mm³ 研削後の砥石作業面を見ると、何本もの工作物との干渉痕跡や砥石作業面の一部が欠落した跡2箇所が目立って認められる。研削作業において激しい材料の除去作用およびその際の砥粒の脱落が生じていた様子が認められる。しかし、図2の研削抵抗の絶対値がまだ小さくまた図3の砥粒の突出しを表わす SRa が高くまだ砥粒切れ刃は出ていると考えられる。まだこの砥石による研削は可能であるといえる。

4. まとめ

シリコンウェハの研削加工に期待されているビトリファイドボンドダイヤモンド砥石の大きな累積研削体積にわたる研削実験において、研削抵抗、加工表面のあらさおよび研削砥石作業面の推移切れ刃等の推移について検討した結果、本実験条件の範囲では以下の点が明らかになった。

- (1) 研削抵抗は 10N 程度の小さいだが、変動しながら推移していた。
- (2) 7.3 mm×5.5 mm の測定面内における粗さ SRa は研削初期において大きいものの 2000 mm³ 以上になると安定し、測定面内における値で 70 nm から 80 nm であった。
- (3) 砥石作業面の 1mm×1mm 内における砥粒の突出しを SRa で表し、0.5 μ m 程度のまま安定していてまだ研削ができる状態である。
- (4) 触針式3次元粗さ計による砥石作業面トポグラフィから砥石作業面の変化過程を視覚的に示すことができた。

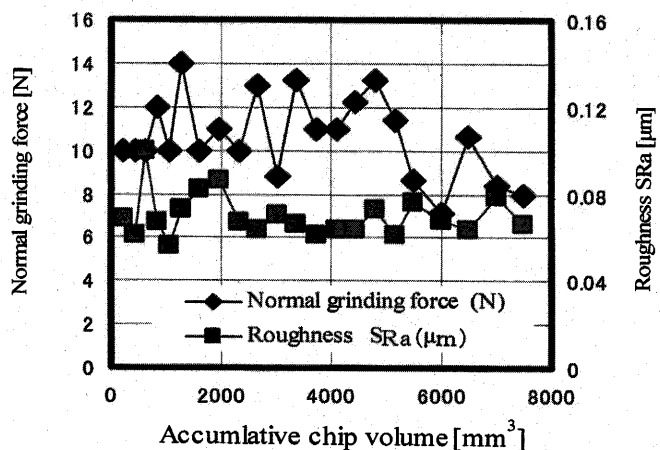


Fig. 2 Normal grinding force and surface roughness accompanied with accumulative chip volume

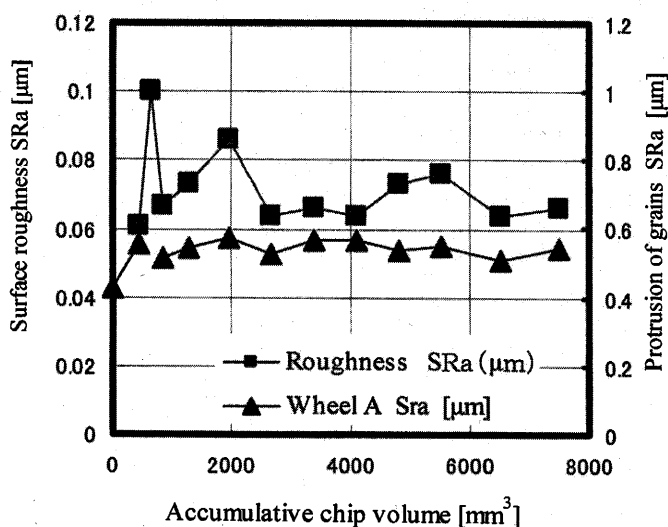


Fig. 3 Protrusion of grains and surface roughness accompanied with accumulative chip volume

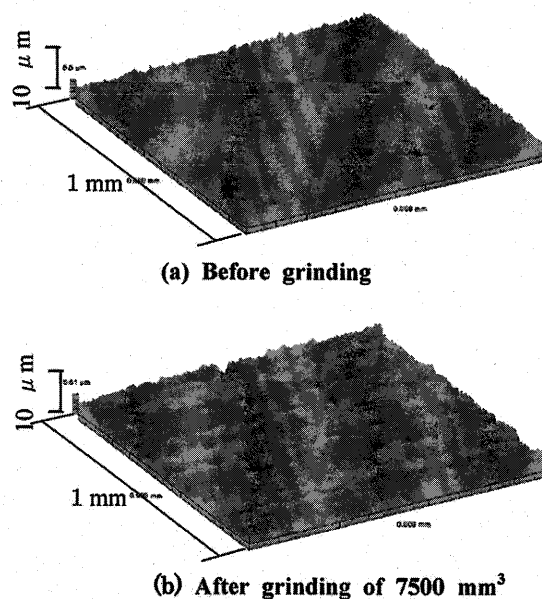


Fig. 4 Comparison of the grinding wheel surfaces after grinding of 7500 mm³ in chip volume with the before grinding