

# 小径砥石による大口径 Si ウエハ研削に関する研究 - 砥石径が研削後のウエハ形状と表面粗さに与える影響 -

茨城大 ○吉松智哉 茨城大 ◎周立波 清水淳 小貫哲平 尾鷲裕隆

## 要旨

生産性向上のため Si ウエハの大口径化が求められている。現在行われているカップ型砥石によるインフィード研削において、砥石径は一般的にウエハ径と同等以上である。そのため、砥石の大径化も求められるが、加工設備を含めてコスト増大が懸念される。

そこで本報では、大口径 Si ウエハ研削工程について、砥石直径が研削後のウエハ形状と粗さに与える影響をシミュレーションと実験の両面から調査した結果について報告する。

## 1. 緒言

集積回路や IC チップなどに利用される Si ウエハは半導体デバイスの生産性向上のため、大口径化が求められている。現在は、2001 年から製造が始まった  $\phi 300\text{mm}$  ウエハが主流である。次のステップとして  $\phi 450\text{mm}$  ウエハについてその実現可能性が議論されている<sup>1)</sup>。現在 Si ウエハの研削には砥石と工作物の接触状態が変わらず、安定した研削結果が得られることから、インフィード研削が広く採用されている。研削方式において、砥石径はウエハ径と同じかそれよりも大きいサイズを用いることが一般的である。そのため、ウエハの大口径化が砥石の大径化を伴う。しかしながら、砥石を大径化すると加工機や製造ラインも大型化し製造コストが増大する恐れがある。

そこで本研究では、大口径 Si ウエハ研削工程について、大径砥石と小径砥石による研削シミュレーションと研削実験をおこない、砥石径が研削後のウエハ形状と表面粗さに与える影響を調査した。

## 2. 研削モデルとシミュレーション

今回調査した大径砥石と小径砥石によるインフィード研削時の砥石とウエハの位置をそれぞれ図 1(a), (b) に示す。研削時に Z 軸負方向に送り速度  $f$  を与えて、所定の厚さまで除去加工を行う。また実際の研削加工では、研削抵抗の軽減及び表面粗さの向上の観点から砥石軸に傾斜をつけている。そこで本研究においても X 軸、Y 軸まわりのチルト角をそれぞれ  $\alpha, \beta$  として砥石とウエハの接触する角度を調整した。

今回行ったシミュレーションの条件を表 1 に示す。直径  $\phi 300\text{mm}$  ウエハを直径  $\phi 150\text{mm}$  の小径砥石と直径  $\phi 300\text{mm}$  の大径砥石を用いて、砥石回転数 3000rpm、ウエハ回転数 50rpm、砥石幅 4mm、送り速度  $2\mu\text{m}/\text{min}$  でそれぞれ研削した。

図 2 に小径砥石と大径砥石での研削シミュレーションにおけるウエハと砥石の位置および砥粒軌跡を示す<sup>2)</sup>。小径砥石で研削した場合ウエハ外周部においてウエハと同心円状の軌跡がでてくる。これは、砥石幅の部分でウエハと常に接触していることに起因したものである。

図 3 にウエハ半径方向における砥粒軌跡密度を示す。砥粒軌跡密度とはウエハ単位面積あたりに通過する切削軌跡長さである<sup>2)</sup>。ウエハ中心からの距離  $r$ 、範囲  $dr$ 、砥粒切削長さ  $ds$  から、砥粒切削密度  $D$  は  $D=ds/dr/r$  と表せる。小径砥石の場合、ウエハ中心だけではなく外周部の砥粒軌跡密度が高くなっているのがわかる。砥粒軌跡密度が高いほど実際の研削では表面粗さ  $R_a$  がよくなると考えられる。

図 4 はそれぞれ小径砥石と大径砥石でチルト角を変化させて研削した時の平坦度 GBIR(Global Backside Ideal focal plane Range)を示す。GBIR とは、ウエハの裏面を基準面としたときの、この基準面に対するウエハの表面までの最大、最小の厚さの偏差である。砥石径の違いによるウエハ形状の傾向に変化はなく、必ずしも大径砥石の GBIR が良くなるとは限らないことがわかる。

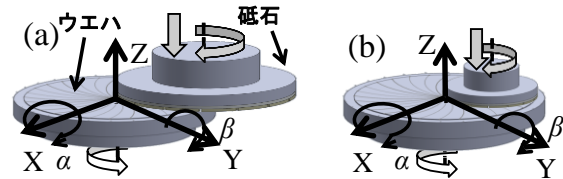


図 1 インフィード研削

表 1 シミュレーション条件

	SD5000	$\phi 150, \phi 300$	[mm]
砥石回転数	$n_1$	3000	[rpm]
ウエハ回転数	$n_2$	50	[rpm]
送り速度	$f$	2	$[\mu\text{m}/\text{min}]$
送り量	$\Delta$	2	$[\mu\text{m}]$

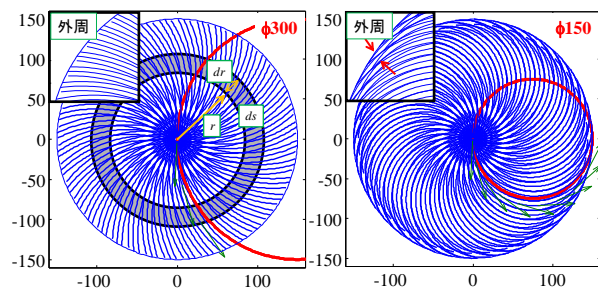


図 2 ウエハと砥石の位置および砥粒軌跡

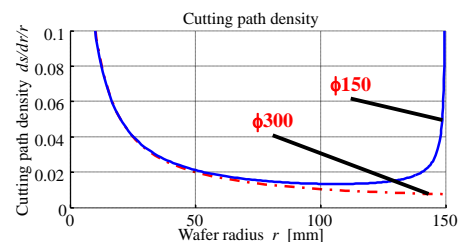


図 3 ウエハ半径方向における砥粒軌跡密度

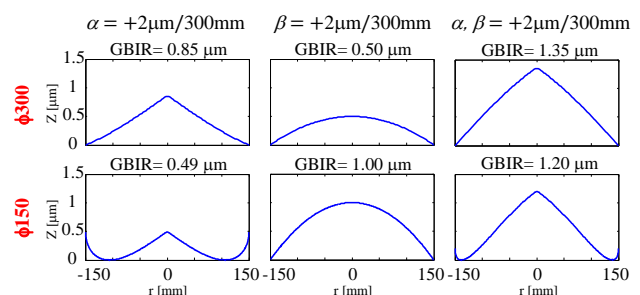


図 4 チルト角の影響

### 3. 研削実験

実験に使用した超加工機(UPG-300H)の外観を図5に示す。このような横型平面研削盤を用いて、砥石径の比較実験を行った。この超加工機の特徴として2自由度を有し、ワーク軸はX方向、砥石軸はZ方向の直動ができる。X軸を有することにより研削を行う際、砥石中心をウエハ中心からウエハ半径分だけオフセットした状態で研削を行うことが可能になる。また、良好な平坦度を得るため、ワーク軸と砥石軸の間に傾斜調整、つまりチルト角 $\alpha$ 、 $\beta$ を調整できる機構を具備している<sup>3)</sup>。

Si ウエハの研削加工面の表面性状を測定するために干渉顕微鏡(ZYGO社製 New view200)を、研削加工後のSi ウエハの厚さを測定するために分光干渉式膜厚測定装置(浜松ホトニクス製厚み測定器 C8125-55型)を使用した。

今回行った実験条件を表2に示す。直径 $\phi 300\text{mm}$  ウエハと同じ研削速度  $1400\text{m/min}$  で、直径 $\phi 150\text{mm}$ の小径砥石 SD5000-VFS013と直径 $\phi 300\text{mm}$ の大径砥石 SD5000L-VAFの2種類の砥石を用いて、研削を行った。スパークアウトはそれぞれ30秒設けた。

図6は実際に研削したウエハの外観である。砥粒軌跡が大径と小径では異なっている。小径砥石で研削したウエハには、外周に同心円状の軌跡が表れた。シミュレーション結果の図2でも、これと同じ軌跡が表れた。これより小径砥石では、ウエハ外周に砥石幅の部分が常に接触していると考えられる。

図7は、ウエハ半径方向における表面粗さ $R_a$ の変化である。これを見るとウエハの外周の粗さが大径と小径では異なり、小径砥石の場合ウエハ外周の粗さが悪くなっている。シミュレーションの結果から、砥粒軌跡密度が高くなるウエハ外周の粗さは改善されると推測したが、実際には同心円状の砥粒軌跡の影響により粗さが悪くなっていると考えられる。ウエハ中心の粗さが悪いのは、ウエハのへその部分を測定してしまっているためと考えられる。

図8はウエハ半径方向における厚さ $t$ の変化である。ウエハ形状には砥石径による違いはほとんどなかった。今回小径砥石で研削したウエハのGBIRの方がよくなっている。今回ウエハ中心を除くとGBIRが $1\sim 2\mu\text{m}$ 程度であった。これは、ウエハと加工機械の間の剛性が影響してチルト角が $2\mu\text{m}$ 程度、変化したためと考えられる。

### 4. 結言

大口径Si ウエハ研削工程について、砥石直径が研削後のウエハ形状と粗さに与える影響をシミュレーションと実験の両面から調査した。得られた結論を以下にまとめる。

- 小径砥石は、大径砥石と違いウエハ外周部の砥粒軌跡密度が大きくなる。
- 小径砥石で研削した場合、ウエハ外周部に同心円状の砥粒軌跡ができる。
- 小径砥石はウエハ外周部の同心円状の砥粒軌跡の影響で、ウエハ外周の粗さが悪くなる。
- GBIR に関しては必ずしも大径砥石が良くなるとは限らない。

### 参考文献

- 1) 株式会社 SUMCO  
[http://www.sumcosi.com/products/next\\_generation/large\\_diameter.html](http://www.sumcosi.com/products/next_generation/large_diameter.html)
- 2) 周立波, 光田孝仁, 清水淳, 田業氷, 山本武幸: Si ウエハインフィード研削における切削軌跡密度と機械剛性の影響 第1報: モデルと解析, Journal of the Japan Society for Abrasive Technology, Vol.54 No.1, 2010, pp45-49
- 3) 周立波, 光田孝仁, 清水淳, 田業氷, 山本武幸: Si ウエハインフィード研削における切削軌跡密度と機械剛性の影響 第2報: モデルと解析, Journal of the Japan Society for Abrasive Technology, Vol.54 No.2, 2010, pp92-96

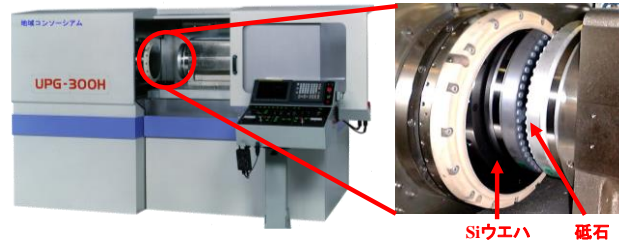


図5 超加工機(UPG-300H)の外観

表2 実験条件

SD5000		$\phi 150$	$\phi 300$	[mm]
砥石回転数	$n_1$	3000	1500	[rpm]
ウエハ回転数	$n_2$	50		[rpm]
Step1	送り速度	$f_1$	5	[ $\mu\text{m}/\text{min}$ ]
	送り量	$\Delta_1$	33	[ $\mu\text{m}$ ]
Step2	送り速度	$f_2$	2	[ $\mu\text{m}/\text{min}$ ]
	送り量	$\Delta_2$	2	[ $\mu\text{m}$ ]

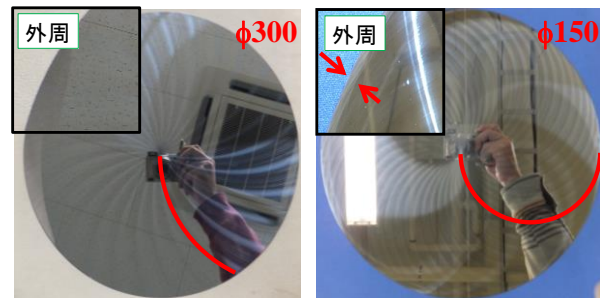


図6 研削したウエハの外観

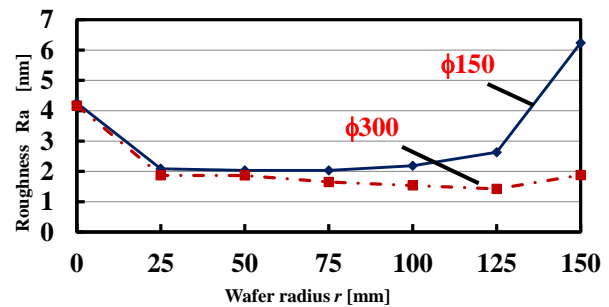


図7 ウエハ半径方向における表面粗さの変化

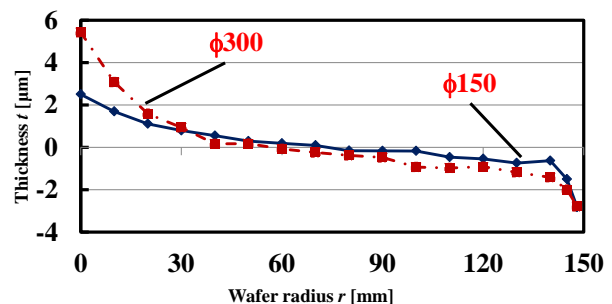


図8 ウエハ半径方向における厚さの変化