

平成 13 年度卒業論文

ダイヤモンド砥石のツルーイング特性

高知工科大学知能機械システム工学科

早川 毅

指導教員 松井 敏

平成 14 年 2 月 5 日

目次

1. 緒言	1
2. 実験装置および実験方法	1
3. ツルーイングされた砥石作業面の形状精度	3
3. 1. 実験方法	3
3. 2. 実験結果および考察	4
4. ツルーイング砥石の粒度と能率の関係	6
4. 1. 実験方法	6
4. 2. 実験結果および考察	9
5. ツルーイング砥石の粒度と研削特性の関係	10
5. 1. 実験方法	10
5. 2. 実験結果および考察	11
6. 結言	13

1. 緒言

シリコンウエハの研削加工にはダイヤモンド砥石が使用されるが、その研削精度を上げるためには研削砥石の作業面を成形するツルーイング作業の精度を高める必要がある。現在、ダイヤモンド砥石のツルーイングには、クラッシュツルーイング法、プランジ方式など様々な方法が用いられている。これらの中で最も一般的に行われているのは、ツルーイング砥石（普通砥石スティック）をダイヤモンド砥石の回転軸方向に送り運動させてツルーイングするトラバース方式によるツルーイングである。しかし、この方法ではツルーイングされた砥石作業面が傾斜してしまい、精度と能率の両方を追求することは難しい。

そこで本研究では、この方法において高精度で能率良くツルーイングを行うための条件を選定することを目的とする。

2. 実験装置および実験方法

本研究では、次に示す3種類の実験を行い、ダイヤモンド砥石のツルーイング特性を調査した。

- (1) ツルーイングされた砥石作業面の形状精度に関する実験
- (2) ツルーイング能率を向上させるための条件を検討するため、ツルーイング砥石の粒度とツルーイング比に関する実験
- (3) (2)でツルーイングされたダイヤモンド砥石の研削性能に関する実験

ツルーイング砥石や工作物をNC平面研削盤のテーブル上に設置したKISTLERの動力計に取り付けてツルーイングおよび研削を行い、研削作業面形状、ツルーイング比、研削抵抗、および表面粗さを測定した。表1にNC平面研削盤の主な仕様を、図1に外観写真を示す。

図2はテーブル上の研削部分の写真である。ツルーイング砥石や工作物は精密バイスで保持して、動力計に取り付けた。



図1 NC平面研削盤の外観写真



図2 テーブル上の研削部分の写真

表1 NC平面研削盤の主な仕様

機種	GHL-NB306M (日立精工)
テーブル作業面積	600×300mm
砥石の大きさ	$\phi 305 \times 32 \times \phi 76.2$ mm
砥石回転数	1800 min^{-1}
砥石軸用電動機	AC3.7kw

研削抵抗は動力計からの信号をチャージアンプで増幅し、オシログラフに記録した。表2に使用した測定器等を示す。

表2 測定機器類

動力計	9254 (KISTLER)
チャージアンプ	5019 (KISTLER)
オシログラフ	OR1400 (YOKOGAWA)
表面粗さ計	SARFCOM480A (東京精密)

各々の詳しい実験方法については、各章において説明する。

3. ツルーイングされた砥石作業面の形状精度

3. 1 実験方法

ツルーイング砥石をダイヤモンド砥石の回転軸方向に送り運動させてツルーイングする方法における砥石作業面形状を測定した。

今回は砥石作業面の形状精度に対して最も影響が大きいと考えられるツルーイング切込み量を変えてツルーイングし、砥石作業面形状を測定した。表3にツルーイング条件を示す。

表3 ツルーイング条件

ダイヤモンド砥石	SD1200L100BS30-3	
ツルーイング砥石	C1200H	
砥石回転数	1800 min ⁻¹	
送り速度	300 mm/min	
切込み量と総切込み量	切込み量	総切込み量
	20 μm	1850 μm
	10 μm	940 μm
	5 μm	885 μm
	2 μm	308 μm
	1 μm	299 μm

ダイヤモンド砥石の作業面形状は、ツルーイングされたダイヤモンド砥石でカーボンを研削して形状を転写し、転写された形状を表面粗さ計で測定した。

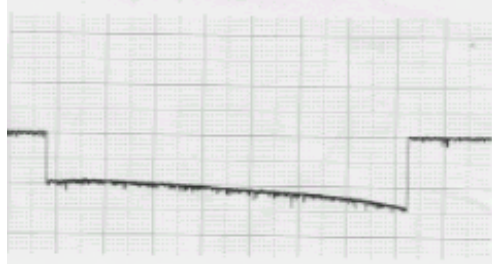
3. 2 実験結果および考察

図3は、切込み量別にツルーイングしたダイヤモンド砥石の作業面形状を測定したものである。砥石作業面にはツルーイング砥石の切り込み側から抜け側に向かって傾斜面が形成されていることがわかる。

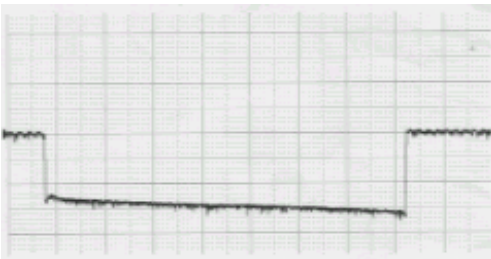
(A)切込み量：20 μm



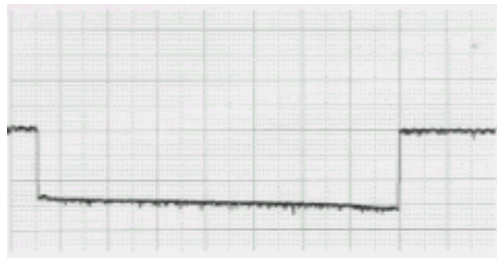
(B)切込み量：10 μm



(C)切込み量：5 μm



(D)切込み量：2 μm



(E)切込み量：1 μm

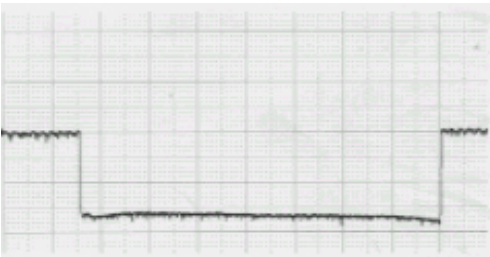


図3 切込み量による砥石作業面形状の比較

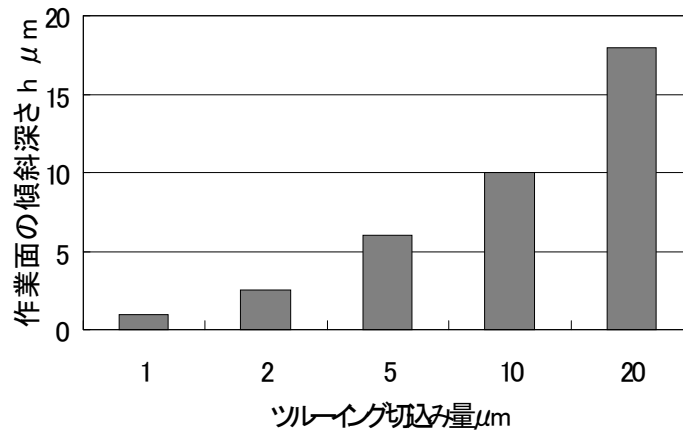


図4 ツルーイング切込み量と砥石作業面の傾斜深さの関係

図4にツルーイング切込み量と砥石作業面の傾斜深さとの関係を示す。今回行ったツルーイング砥石を送り運動させてツルーイングする方法では、砥石作業面にツルーイング切込み量に相当する傾斜面が形成され、切込み量が大きくなるほど傾斜深さが大きくなる。したがって、平坦な面にツルーイングするために、切込み量を小さくする必要はある。しかし、切込み量を小さくすると切込み回数が増えるため、時間がかかり能率が低下するという問題が発生する。

傾斜面が形成された理由としては、ツルーイング砥石はダイヤモンド砥石と比較して非常に柔らかいため、ツルーイング砥石が切込み側で消耗してしまい、抜け側ではほとんどツルーイングされない状態になるためと考えられる。

4. ツルーイング砥石の粒度と能率の関係

4. 1 実験方法

前章で、砥石作業面の形状精度を高くするには切込み量を小さくする必要であることが明らかになったが、これは能率の低下を招く。したがって、能率を向上させる条件を見つけることが必要である。そこで、能率にはツルーイング砥石の粒度が関係するのではないかと考え、粒度と能率の関係を調べた。表4にツルーイング条件を示す。

表4 ツルーイング条件

ダイヤモンド砥石	SD1200L100BS30-3
ツルーイング砥石	C220H、C600H、C800H、 C1200H、C1500H
送り速度	300mm/min
砥石回転数	1800min ⁻¹
切込み量	10μm
総切込み量	200μm

能率はツルーイング比で評価した。ツルーイング比は式(1)で表される。

$$\alpha = \frac{V_w}{V_t} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 α : ツルーイング比
 V_w : ダイヤモンド砥石の消耗量
 V_t : ツルーイング砥石の消耗量

ツルーイング比が大きいことは、ツルーイング砥石の単位消耗量当たりのダイヤモンド砥石消耗量が多いことを意味するため、能率がよいことになる。

ツルーイング比を求めるためには、ツルーイング砥石とダイヤモンド砥石の消耗量を求めることが必要となる。ツルーイング砥石はダイヤモンド砥石と比較して非常に柔らかいため、総切込み量とほぼ同じだけ消耗するものと考え、次式により V_t を求めた。

$$V_t = S_t H \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 S_t : ツルーイング砥石の面積

H : 総切込み量

ダイヤモンド砥石の消耗量は次のように求めた.

- ① 図 5 (A) に示すようにダイヤモンド砥石の中央に、図 6 に示す自転形単石ドレッサを用いて傷を入れる.
- ② 図 5 (B) に示すように、この砥石でカーボンをプランジ研削して、傷を転写する.
- ③ 粗さ計でカーボンに転写された傷の高さ H_0 を測定する.
- ④ ダイヤモンド砥石をツルーイングする.
- ⑤ ②～③によりツルーイング後の傷の高さ (H_1) を測定する.
- ⑥ 式(3)によりダイヤモンド砥石の消耗量を求める.

$$V_w = \pi D B (H_0 - H_1) \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 D : ダイヤモンド砥石の直径

B : ダイヤモンド砥石の幅

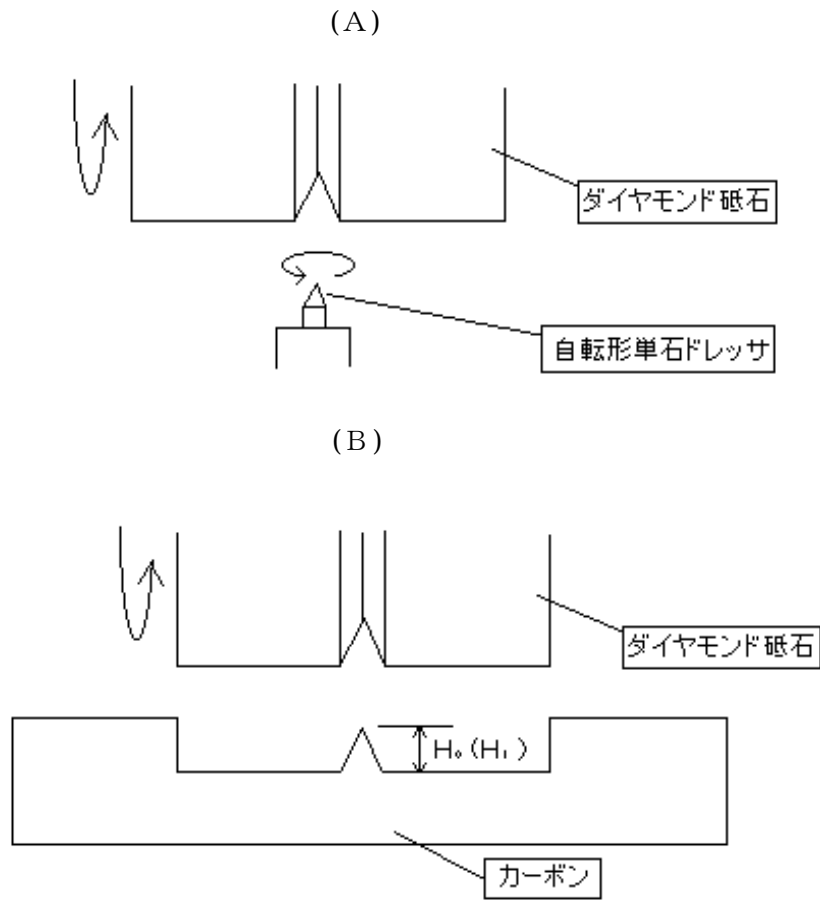


図5 ダイヤモンド砥石の半径消耗量の測定方法



図6 自転形単石ドレッサ

4. 2 実験結果および考察

図7にツルーイング砥石の粒度とツルーイング比の関係を示す。図7から、ツルーイング砥石の粒度が粗くなるにつれてツルーイング比も増加することがわかる。これは粒度が粗いほど効率よくツルーイングを行えることを示している。

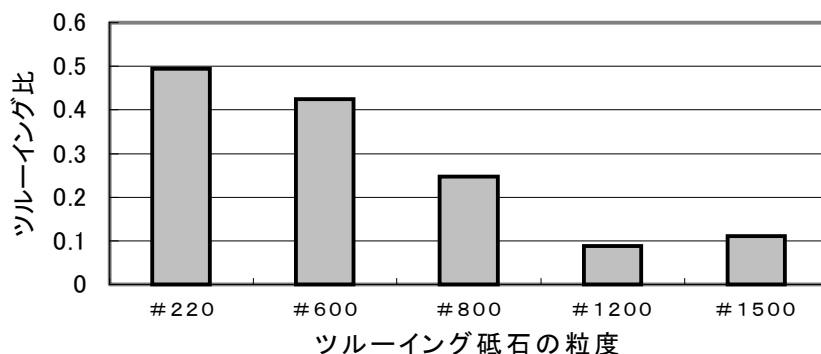


図7 ツルーイング砥石の粒度とツルーイング比の関係

このように、ツルーイング砥石の粒度によってツルーイング比が変わる原因としては、次のようなことが考えられる。ツルーイング砥石の粒度がダイヤモンド砥石の粒度に等しいほど細かい場合には、ツルーイング砥石の砥粒自体がダイヤモンド砥石によって削り取られる確率が低くなり、砥粒ごとに脱落することが多くなるものと考えられる。このため、ツルーイング作用が小さくなって、ツルーイング比が低くなる。一方、ツルーイング砥石の粒度がダイヤモンド砥石の粒度に比べてかなり粗い場合には、ツルーイング砥石の砥粒自体がダイヤモンド砥石によって削られる確率が高くなるため、ツルーイング作用が大きくなり、ツルーイング比が高くなったものと考えられる。

5. ツルーイング砥石の粒度と研削特性の関係

5. 1 実験方法

前章でツルーイング砥石の粒度によってツルーイング比が変化することを示したが、これが研削特性に及ぼす影響を調べることをこの実験の目的とする。

ツルーイング砥石の粒度を変えてツルーイングした後に、アルミナを研削して、粒度と研削抵抗および表面粗さの関係を調査した。表5にツルーイング条件を、表6に研削条件を示す。

表面粗さはアルミナの中央と両端の3個所で測り、その平均値で示した。

表5 ツルーイング条件

ツルーイング砥石	C 2 2 0 H、C 6 0 0 H、C 8 0 0 H C 1 2 0 0 H、C 1 5 0 0 H
送り速度	3 0 0 m m / m i n
砥石回転数	1 8 0 0 m i n ⁻¹
切込み量	1 0 μ m

表6 研削条件

ダイヤモンド砥石	S D 1 2 0 0 L 1 0 0 B S 3 0 - 3
テーブル速度	1 0 m / m i n
砥石回転数	1 8 0 0 m i n ⁻¹
切込み量	2 μ m × 2 0 回 (両端切込みプランジ研削)
研削液	シンセティック # 8 7 0 (希釈率 2 0 倍)

5. 2 実験結果および考察

図 8 に研削抵抗の波形を示す。これから研削抵抗は切り込むごとに増加していくことがわかる。

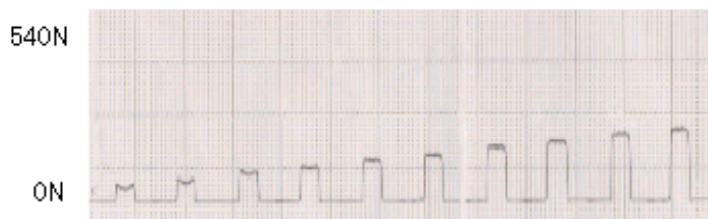


図 8 研削抵抗の波形

図 9 に、ツルーイング砥石の粒度と研削抵抗の関係を示す。図 9 より、ツルーイング砥石の粒度が粗いと研削抵抗も大きくなることがわかる。ツルーイング砥石の粒度が粗いと研削抵抗が上がる原因は、ダイヤモンド砥石の砥粒間に入り込めず、結合剤が除去されにくいためドレッシング作用が低くなり、ダイヤモンド砥石の研削能力が低下するためと考えられる。

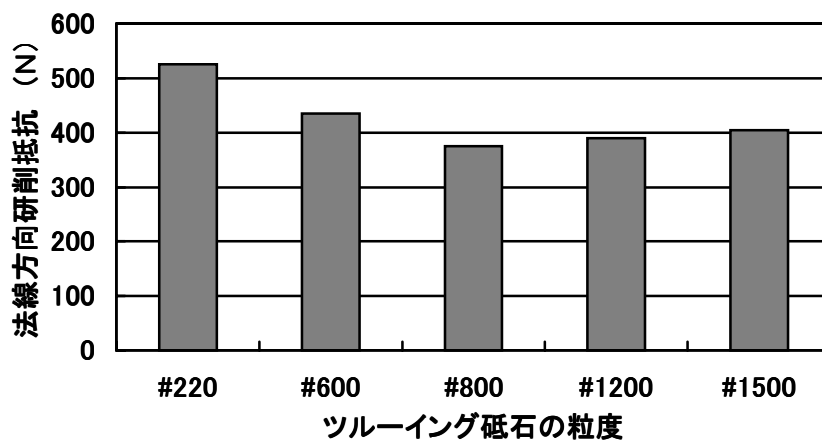


図 9 ツルーイング砥石の粒度と研削抵抗の関係

図10に、ツルーイング砥石の粒度と表面粗さの関係を示す。図10より、ツルーイング砥石の粒度による表面粗さの変化はあまり見られない。このように表面粗さの違いが小さいのは、ツルーイング砥石に比べダイヤモンド砥石は非常に硬いため、ダイヤモンド砥石の砥粒が削られることは少なく、ツルーイング砥石の粒度を変えてもダイヤモンド砥石の切れ刃形状に対する影響が小さいことが原因と考えられる。

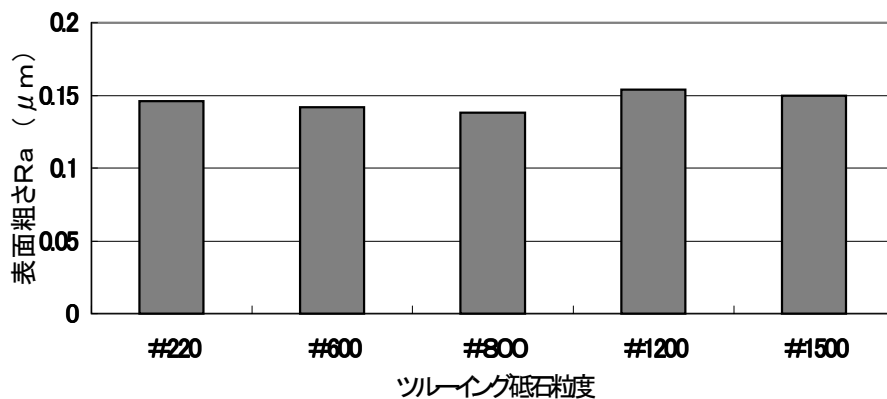


図10 ツルーイング砥石の粒度と表面粗さの関係

6. 結言

ダイヤモンド砥石のツルーイング基礎特性を調べた結果、以下のようなことが分かった。

- (1) ツルーイング砥石を送り運動させてツルーイングする方法では、砥石作業面にツルーイング切込み量に相当する傾斜面が形成され、ツルーイング切込み量が大きくなるにつれ、傾斜の深さも大きくなる。
- (2) ツルーイング砥石の粒度が粗いほど、ツルーイングの能率も向上する。
- (3) 研削抵抗はツルーイング砥石の粒度が粗いほど大きい。
- (4) 表面粗さにはツルーイング砥石の粒度による差はほとんど見られない。

今後の課題として、以下のようなことについての検討が必要と考えられる。

- (1) ツルーイング時の砥石回転数と送り速度を変化させたときの影響。
- (2) ダイヤモンド砥石の粒度を変化させたときの影響。