

# 論文の内容の要旨

申請者 楠山 純平

論文題目 大径ウエハのロータリ研削に関する研究

半導体デバイスは、情報通信機器から各種制御システムなどさまざまな製品に利用されている。シリコン(Si)ウエハは半導体デバイスの基板となる重要な素材であり、その品質向上や安定供給を可能とする加工システムの開発は世界的に重要な課題である。半導体デバイスの製造工程において、回路を形成したウエハを所望の厚さまで薄化させる裏面研削(ロータリ研削)が行われる。ロータリ研削では、加工によるウエハへの損傷を可能な限り小さくすることが求められており、その要求精度は年々高まっている。そのため、不適切な研削条件や、十分な性能を有していない研削盤で加工を行うと要求精度を満たすことができない恐れがある。また、半導体デバイス生産の経済的合理性を向上させるため、Siウエハは大径化が進んでおり、2020年には現在主流のφ300mmから次世代のφ450mmになると予想されている。そのため、450 mm Siウエハ加工用ロータリ研削盤の開発が求められる。

一般に、ロータリ研削において、研削条件が加工特性におよぼす影響は砥石回転数  $N$  とウエハ回転数  $n$  の比  $N/n$  を用いて評価される。しかし、砥石およびウエハの外径が異なると砥石とウエハの接触面積が変化するため、 $N/n$  を用いて一様に評価することは適切ではない。また、ロータリ研削では砥粒がウエハ加工面上を通過しながら砥石切込み速度  $f$  により切込みが与えられるダウンフィード研削であり、砥石切込み速度  $f$  の大きさによってウエハ加工面への損傷の度合いが変化する。そのため、 $N/n$  のみを用いて研削条件を決定することはロータリ研削における砥粒運動を考慮しているとは言えず適切ではない。

そこで、砥石半径  $R$ 、砥石回転数  $N$ 、ウエハ半径  $r$ 、ウエハ回転数  $n$  ならびに砥石切込み速度  $f$  を含むロータリ研削における砥粒運動を考慮した無次元数(砥粒貫入角度  $D/L$ )を定義し、

これらの条件を変化させた場合においても、算術平均高さ、研削抵抗および表面性状などの加工特性を評価できる方法を提案した。砥粒貫入角度  $D/L$  は、1つの砥粒がウエハ上を通過する長さ  $L$  とその間に切り込む深さ  $D$  の比である。また、砥粒貫入角度  $D/L$  が加工特性におよぼす影響を実験的に検討した。その結果、砥粒貫入角度  $D/L$  を用いて算術平均高さを評価することは、 $N/n$  を用いて評価することに比べて優位性があるとともに、 $f$  が大きい高能率加工が可能となる条件を選定できることがわかった。

次に、450mm Si ウエハのロータリ研削では、使用される砥石径が大きくなり、砥石とウエハの干渉長さは 300mm Si ウエハに比べて約 1.5 倍になる。すなわち、450mm Si ウエハ加工用ロータリ研削盤への要求性能は砥石やロータリテーブルの大形化のみならず、各要素の高剛性化、要素数の減少、工作機械全体の剛性（ループ剛性）の向上、更に砥石軸およびロータリテーブル用モータの高出力化が必須となる。

そこで、申請者らが開発した切込機構内蔵砥石スピンドル、そして定流量水静圧軸受を用いたロータリテーブルを有する従来にないコンセプトの水静圧ロータリ研削盤の性能を評価した。その結果、

- 1) 研削盤のループ剛性: 216 N/ $\mu$ m (設計目標値: 150 N/ $\mu$ m)
- 2) ロータリテーブルの静剛性: 1.96 kN/ $\mu$ m (設計目標値: 2.0 kN/ $\mu$ m)
- 3) 砥石スピンドルの静剛性: 1.06 kN/ $\mu$ m (設計目標値: 1.0 kN/ $\mu$ m)

であり、いずれも設計目標値を概ね満たした。すなわち、水静圧ロータリ研削盤は 450 mm Si ウエハのロータリ研削に対応できる十分な性能を有していることがわかった。

さらに、水静圧ロータリ研削盤で 300 mm Si ウエハを研削加工し、砥粒貫入角度  $D/L$  を用いて加工特性を評価した結果を 450 mm Si ウエハの研削条件へ展開して研削条件を設定して、研削加工を行った。その結果、450 mm Si ウエハのロータリ研削においても、現在広範に使用されている 300 mm Si ウエハと同程度の精度で加工できることを確認した。