

令和 4 年 5 月 16 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2021

課題番号：20K14626

研究課題名(和文)両面研磨加工における高平坦化技術の開発

研究課題名(英文)Improvement of surface flatness of a workpiece in double-sided polishing processes

研究代表者

佐竹 うらら (Satake, Urara)

大阪大学・工学研究科・助教

研究者番号：70828409

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：半導体デバイスの基板材料であるシリコンウェーハの両面研磨加工では、シリコンウェーハの高平坦化が重要な課題となっている。しかし、平坦化理論の構築は進んでおらず、さらなる高平坦化の要求に応えることが難しくなっている。本研究では、高い平坦性を安定して実現できる両面研磨加工技術の構築を目的に、工作物の回転速度が得られる平坦性に及ぼす影響を検討した。そして、高平坦化を実現可能な新たな保持具の設計指針を構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、両面研磨加工において工作物の回転速度が得られる平坦性に及ぼす影響を明らかにした。従来、実験的な検討の難しさから十分な解明がなされてこなかった両面研磨加工中の工作物の回転挙動、およびその挙動が加工結果に及ぼす影響を明らかにした点で学術的意義が高いと言える。また、本研究で示した保持具の設計指針は、シリコンウェーハのみならず、高い平坦性が要求される他の基板材料の両面研磨加工においても適用可能なものであり、その社会的意義も高いと言える。

研究成果の概要(英文)：A double-sided polishing process of silicon wafers as semiconductor substrates has serious problems including deterioration in surface flatness of wafers. However, the existing double-sided polishing technologies cannot meet the strict requirements for better surface flatness because the relation between polishing conditions and surface flatness of a finished workpiece remains poorly understood. In this study, we investigated the effect of the rotation speed of a workpiece on the obtained surface flatness. On the basis of the findings, we developed new polishing holders which can achieve better surface flatness.

研究分野：生産加工

キーワード：研磨加工 シリコンウェーハ

1. 研究開始当初の背景

半導体基板であるシリコンウェーハに対しては常にさらなる高平坦化の要求があるが、シリコンウェーハの平坦性を決定づける両面研磨加工においては、加工条件と得られる平坦性の関係に不明な点が多い。そのため既存の両面研磨加工工程は、工具や加工液といった加工要素間の擦り合わせに依存したものとなっており、すでに限界に近いのが現状である。このような背景から、両面研磨加工における平坦化理論が必要となっているが、実験的な検証の難しさから、その構築は一向に進んでいない。

これまでの研究から、加工中に保持具のなかで生じる工作物の回転挙動、特に、回転速度の変動が平坦性に強く影響を及ぼすことを理論的な検討から見出している。またその検討のなかで、回転速度の変動の程度が「工作物上下面における工作物と工具(研磨パッド)間の摩擦状態の違い」に強く依存することも確認されている。両面研磨加工では、加工液の供給形態上、工作物上下面で摩擦状態が大きく異なるが、工作物上下面における加工液の供給状態に影響する保持具を利用してその摩擦状態の違いをコントロールすることで、工作物の平坦性向上が可能になると期待される。

2. 研究の目的

本研究では、両面研磨加工における平坦化理論を構築し、高い平坦性を安定して実現できる両面研磨加工技術を実現することを目的とした。具体的には、これまでの理論的検討から見出されている「工作物の回転速度の変動」と得られる平坦性との関係、および、「工作物の回転速度の変動」と「工作物上下面における工作物と研磨パッド間の摩擦状態の違い」との関係を実験的に検証することで両面研磨加工における平坦化理論を構築するとともに、平坦性の向上に有効な「工作物上下面における工作物と研磨パッド間の摩擦状態の違い」をつくり出せる新たな保持具を開発することを目指した。

3. 研究の方法

以下の(1)～(8)により検討を行った。

(1) 工作物回転速度の評価方法の構築

両面研磨加工では、その加工の形態上、加工中の工作物を視認することはできず、回転挙動を観察することもできない。そこで、加工中における工作物の回転速度の評価を可能にするため、両面研磨加工中の工作物挙動の観察方法、およびその観察結果をもとに回転速度を定量的に評価する方法を構築した(図1)。

(2) 「工作物の回転速度の変動」と得られる平坦性の関係の検証

これまでに理論的検討から見出されている「工作物の回転速度の変動」と得られる平坦性との関係、具体的には、工作物の回転速度の変動が小さいほど高い平坦性が得られるという関係を、(1)で構築した方法による工作物回転速度の評価、および加工実験による平坦性の評価により検証した。

(3) 工作物上下面における工作物と研磨パッド間の摩擦状態の評価方法の構築

従来、片面研磨加工に関する研究で提案されている工作物と研磨パッド間の摩擦状態の評価方法は、工作物下面側の評価に対しては適用できる一方、工作物上面側の評価に対しては適用できない。そこで、両面研磨加工中に、工作物上面側と工作物下面側の摩擦係数をそれぞれ評価可能な方法を構築した(図2)。

(4) 「工作物の回転速度の変動」と「工作物上下面における工作物と研磨パッド間の摩擦状態の違い」の関係の検証

これまでに理論的検討から見出されている「工作物の回転速度の変動」と「工作物上下面における工作物と研磨パッド間の摩擦状態の違い」との関係、具体的には、工作物上下面における摩擦状態の違いが大きいほど回転速度が激しく変動するという関係を、(3)で構築した方法による工作物上下面における工作物と研磨パッド間の摩擦状態の評価、および(1)で構築した方法による工作物回転速度の評価により検証した。

(5) 加工液流れの評価方法の構築

両面研磨加工における工作物上下面の摩擦

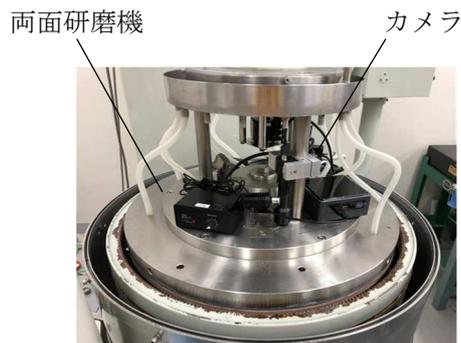


図1 工作物回転速度の評価

状態の違いは、常に潤沢な加工液が直接供給される工作物上面側に対して、工作物下面側では加工液の流入性が著しく悪いことに起因すると推測された。そこで、工作物と下側研磨パッドの間への加工液の流入性、および流入後の流れの様子を評価する方法を構築した（図3）。

(6) 保持具が加工液流れに及ぼす影響の解明

(5)で構築した方法により、保持具が加工液流れに及ぼす影響を検討した。従来の保持具を用いて基本的な影響を検討するとともに、保持具上下面の表面粗さや保持具内壁面の表面粗さを変化させた場合、保持具上下面に溝を形成した場合、保持具上下面や内壁面に親水処理や撥水処理を施した場合についても検討した。

(7) 工作物の平坦性向上に有効な保持具の設計

(6)における検討結果にもとづき、工作物の平坦性向上に有効な保持具、すなわち、工作物下面における摩擦状態の違いを低減して加工中の工作物の回転速度の変動を抑制できる保持具の仕様を検討した。

(8) 保持具の試作・評価

(7)で設計した保持具を実際に試作し、市販の保持具に対する優位性を検証した。試作した保持具の材質の都合上、両面研磨加工実験による工作物の平坦性の評価による検証は実施できなかったが、(5)で構築した方法による工作物と下側研磨パッドの間への加工液の流入性の評価、(3)で構築した方法による工作物上下面における工作物と研磨パッド間の摩擦状態の評価、および(1)で構築した方法による工作物回転速度の評価により検証を行った。

4. 研究成果

これまでに理論的検討から見出されていた二つの関係、すなわち、「工作物の回転速度の変動が小さいほど高い平坦性が得られる」という関係と「工作物上下面における工作物と研磨パッド間の摩擦状態の違いが大きいほど回転速度が激しく変動する」という関係を実験的に検証することができた。また、保持具の仕様が工作物と下側研磨パッド間への加工液の流入性、および流入後の流れの様子に及ぼす影響の検討から、保持具上下面や内壁面の表面性状による影響は非常に小さい一方、保持具下面に溝構造を形成することで工作物と下側研磨パッド間への加工液の流入性が向上するのみならず、流入後の流れもスムーズになることが明らかとなった。また、形成する溝構造の仕様に関しては、保持具の自転速度、保持具の公転速度、上側研磨パッドの回転速度、下側研磨パッドの回転速度の組み合わせにより有効な仕様が異なり、回転数に関する加工条件と組み合わせで設計する必要があることが明らかとなった。

ケーススタディとして様々な回転数条件の場合について保持具の溝構造の設計を行い、試作した保持具と市販の保持具の比較を行ったところ、試作した保持具により工作物と下側研磨パッド間への加工液の流入性が改善し、工作物上下面における工作物と研磨パッド間の摩擦状態の違いが小さくなり、工作物回転速度の変動が抑えられることが確認された（図4）。



図2 工作物と研磨パッド間の摩擦状態の評価

図3 加工液流れの評価

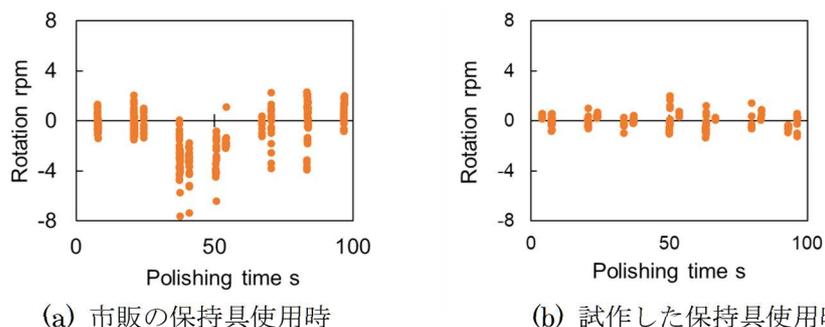


図4 工作物回転速度の評価結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Satake Urara, Matsui Senju, Enomoto Toshiyuki	4. 巻 66
2. 論文標題 Polishing pad for reducing edge roll-off while maintaining good global flatness of silicon wafer	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Precision Engineering	6. 最初と最後の頁 577 ~ 592
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.precisioneng.2020.09.010	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------