

令和 5 年 5 月 17 日現在

機関番号：55503

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18K03893

研究課題名（和文）マイクロなスラリー循環流れの制御および最適化による研磨能率の向上

研究課題名（英文）Enhancing material removal rate in polishing through control and optimization of micro slurry circulation flow

研究代表者

福田 明（Fukuda, Akira）

徳山工業高等専門学校・機械電気工学科・教授

研究者番号：80643220

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：半導体デバイスの製造に欠かせない化学的機械研磨において、ウェーハと研磨パッド間の隙間にマイクロなスラリー循環流れが存在することが分かってきた。本研究において、銅研磨のみならずガラス研磨においてもスラリー循環流れの数が多いほど研磨能率が大きくなる傾向にあることが分かった。また、研磨能率が大きくなる研磨パッド表面形状について定量的に推測する有望な方法を見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、半導体デバイスの製造に欠かせない化学的機械研磨の研磨メカニズムの解明に貢献するとともに、研磨能率の向上につながる成果である。半導体デバイス製造全体の消耗品に占める割合が大きいとされる化学的機械研磨において、研磨能率の向上は消耗品であるスラリー使用量の削減に直結する。したがって本研究の今後の発展によって、半導体デバイス製造における環境負荷低減が期待できる。

研究成果の概要（英文）：In the chemical mechanical polishing (CMP) process, which is essential for semiconductor device manufacturing, it has been observed that there exist micro slurry circulation flows between the wafer and the polishing pad. In this study, it was found that the higher number of slurry circulation flows, not only in copper polishing but also in glass polishing, the greater the material removal rate. Furthermore, a promising method for quantitatively estimating the surface topography of the polishing pad, which is closely related to enhanced material removal rate, was identified. The future development of this research may contribute to reducing the usage of slurry, thereby potentially reducing the environmental impact in semiconductor device manufacturing.

研究分野：研磨

キーワード：研磨 化学的機械研磨 スラリー流れ 研磨パッド 研磨能率

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

半導体デバイスの高性能化に伴って、半導体デバイス製造工程で使用される化学的機械研磨 (CMP) に高い技術的要求がなされ、研磨性能の向上のために研磨メカニズムを踏まえた技術開発が望まれている。報告者は、これまで見過ごされてきたウェーハと研磨パッドとの微細な隙間のマイクロなスラリー流れに着目し、研磨メカニズムにおいて重要な役割を担っていると考えられるマイクロな循環流れの存在を明らかにした。更に、マイクロなスラリー流れの制御が研磨性能の更なる向上 (ブレイクスルー) に繋がるのではないかとこの着想に至った。

2. 研究の目的

本研究では、品質工学で用いられる直交表を使用したパラメータ設計の手法を適用して研磨実験と流れの可視化観察を行い、マイクロなスラリー循環流れの制御が研磨能率の向上に繋がることを示す。マイクロなスラリー循環流れの制御は、ダイヤモンド・コンディショニングにより研磨パッド表面の微細な凹凸形状を制御することで実現する。

3. 研究の方法

(1) コンディショニング条件を変えたガラス研磨実験を、卓上小型研磨機を用いて 6 条件実施した。6 条件それぞれの研磨パッド表面形状を再現した可視化用研磨パッド模型を作製し、マイクロなスラリー流れの可視化観察実験を実施した。これらの結果から、スラリー循環流れと研磨能率の関係について調査した。

(2) コンディショニング条件を L18 直交表に割り当てたガラス研磨実験を実施し、研磨能率とコンディショニング条件および研磨パッド表面形状との関係を調査した。研磨パッド表面形状は、共焦点レーザー顕微鏡で測定した表面性状パラメータと、本研究において製作した接触点測定装置で測定した接触点パラメータで評価した。ここで、接触点パラメータは、研磨パッドとウェーハとの接触率や接触点密度などの総称として使用している。

4. 研究成果

(1) ガラス研磨実験における研磨能率とスラリー循環流れの数の関係を図 1 に示す。銅研磨においてはスラリー循環流れの数が多いほど研磨能率が大きくなる傾向にあることが報告されていたが、ガラス研磨においても同様の傾向にあることを確認した。新型コロナウイルス感染症の影響により実験できない期間が続き、データ数が少ないため、今後の実験によりデータ数を増やし、スラリー循環流れと研磨パッド表面性状パラメータとの関係を調査する予定である。

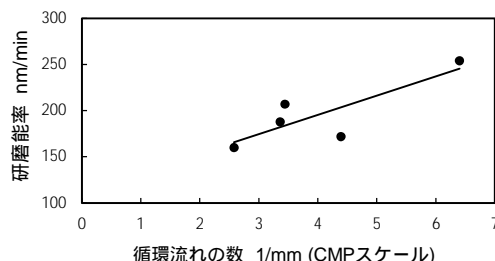


図 1 ガラス研磨における研磨能率とスラリー循環流れの関係

(2) ガラス研磨実験における研磨能率と研磨パッドの表面性状パラメータとの関係を調査した。その結果、研磨能率と相関がある幾つかの表面性状パラメータを確認した。一例として、研磨能率と表面性状パラメータ Sk の関係を図 2 に示す。研磨能率と Sk との間に正の相関があることを確認した。研磨パッドの表面性状パラメータとコンディショニング条件との関係を調査した。結果の一例として、表面性状パラメータ Sk とコンディショナ砥粒密度との関係を図 3 に示す。表面性状パラメータ Sk とコンディショナ砥粒密度との間に負の相関があることを確認した。

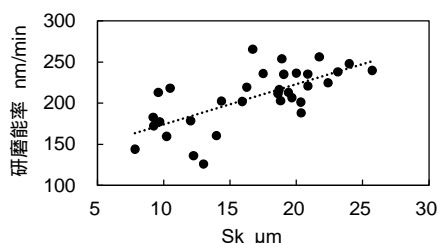


図 2 ガラス研磨における研磨能率と表面性状パラメータ Sk の関係

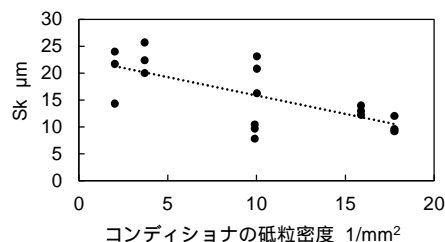


図 3 表面性状パラメータ Sk とコンディショナ砥粒密度との関係

(3) ガラス研磨実験における研磨能率と接触点パラメータとの関係を調査した。その結果、研磨能率と相関がある幾つかの接触点パラメータを確認した。一例として、研磨能率と接触率の関係を図 4 に示す。研磨能率と接触率との間に正の相関があることを確認した。接触点パラメータ

とコンディショニング条件との関係を調査した。結果の一例として、接触率とコンディショナ砥粒密度との関係を図 5 に示す。接触率とコンディショナ砥粒密度との間に負の相関があることを確認した。

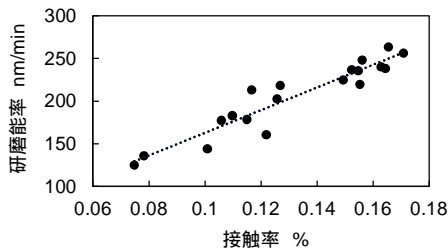


図 4 ガラス研磨における研磨能率と接触率の関係

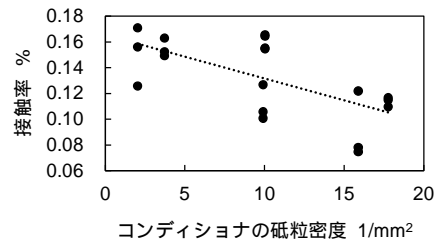


図 5 接触率とコンディショナ砥粒密度との関係

(4) 研磨能率が大きくなる研磨パッド表面性状パラメータを定量的に推測する方法を検討した結果、表面性状パラメータの主成分が有望であることが分かった。主成分分析によって表面性状パラメータの第 1 主成分と第 2 主成分を算出し、研磨能率との関係を調べた結果を図 6 に示す。主成分で評価することにより、研磨能率が極大となる領域を定量的に示すことが可能となることを確認した。今後は、研磨能率が極大となる主成分を持つ研磨パッド表面を形成するためのコンディショニング条件を導く手法を探索する予定である。

本研究の成果が研磨能率の向上につながれば、半導体デバイス製造全体の消耗品に占める割合が大きいとされる化学的機械研磨において、消耗品であるスラリー使用量の削減につながる。したがって本研究の今後の発展によって、半導体デバイス製造における環境負荷低減が期待できる。

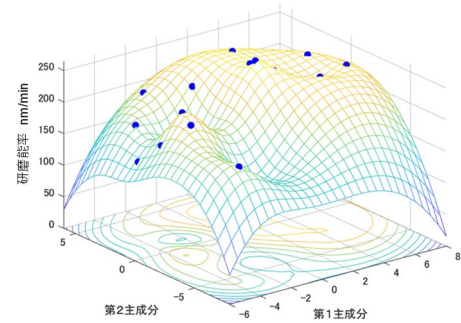


図 6 ガラス研磨における研磨能率と表面性状パラメータの主成分との関係

<参考文献・引用文献>

福田 明、関塚 典明、山本 洋輝、鈴木 恵友、カチョーンルンルアン パナート、CMP におけるウェーハ・研磨パッド間スラリー流れの可視化(第 4 報)コンディショニング条件の異なる研磨パッドでの比較、2018 年度精密工学会秋季大会講演論文集、2018、295 - 296

福田 明、特集 砥石や研磨パッドの成形とその効果 CMP におけるマイクロなスラリー循環流れと研磨レートとの関係、砥粒加工学会誌、67 巻、2023、79 - 82

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0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 福田 明	4. 巻 67
2. 論文標題 CMPにおけるミクロなスラリー循環流れと研磨レートとの関係	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 砥粒加工学会誌	6. 最初と最後の頁 79-82
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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2件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 南桑 辰徳, 山本 颯真, 金盛 智志, 福田 明
2. 発表標題 ガラス研磨における研磨レートとスラリー流れの関係
3. 学会等名 2021年度精密工学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福田 明
2. 発表標題 ウェーハ・研磨パッド間アスペリティ領域におけるスラリー流れの可視化（第2報）ミクロな循環流れの存在について
3. 学会等名 精密工学会 プラナリゼーションCMPとその応用技術専門委員会 第177回研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 技術情報協会編	4. 発行年 2023年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 -
3. 書名 先端半導体製造プロセスの最新動向と微細化技術（仮題）	

〔産業財産権〕

〔その他〕

徳山高専 機械電気工学科 精密加工学研究室の紹介 - 半導体研磨に関する研究 -
https://www.youtube.com/watch?v=sq0_Dp9TTMc

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
---------	---------