

## CMPにおける巨視的および微視的モデルに基づいた加工メカニズムに関する研究

磯部, 晶

<https://doi.org/10.15017/1456011>

---

出版情報：九州大学, 2014, 博士（工学）, 課程博士  
バージョン：  
権利関係：全文ファイル公表済

(別紙様式2)

論 文 要 旨

区 分	㊦・乙	氏 名	礮部 晶
論文題名 CMPにおける巨視的および微視的モデルに基づいた加工メカニズムに関する研究			

論 文 内 容 の 要 旨

化学機械研磨 (CMP) は電子デバイス用基板製造、デバイス製造に無くてはならない工程である。しかし、その研磨メカニズムについては未だに完全に理解されているとは言えない。研磨レートが研磨圧力と研磨パッドと基板の相対速度に比例するというプレストンの式は基本的な関係式として知られているが、これはあくまでも経験式であり、必ずしも研磨メカニズムに基づいたものではない。プレストンの式の中で定数として扱われる様々なパラメータが研磨レートに影響を及ぼすことがわかっているが、その中でも重要と考えられる研磨パッドの表面状態と研磨レートの関係について、これまでとは異なる視点により検討を行い、新たな研磨モデルを提案した。一つはミクロなメカニズムは考慮しないマクロモデルで、パッドの表面状態の変化と研磨レートの変化を数式で表し、様々なレート変動現象に適用できることを確認した。まもう一つはパッドと基板の接触状態と研磨レートの関係を調べることにより、新たな材料除去のモデルを提案した。さらに、パッド接触部の接触頻度、砥粒の接触面積から作用砥粒数を算出し、このモデルの妥当性を示した。また、スクラッチに関する実験事例、ローカル平坦化に関する実験事例を示し、そこから上記材料除去モデルとの関連を議論した。以下に各章毎の概要をまとめた。

第1章は序論であり、本研究の背景と目的について述べた。CMPに用いられる装置、材料について解説し、また、これまでに報告されている様々な研磨メカニズムについてレビューした。

第2章は研磨パッド表面がドレッシングと研磨により変化することにより研磨レートが変動する現象についてマクロモデルを提案した。パッド表面を微小領域に区分して考え、それぞれが研磨レートの低い状態と高い状態にドレッシングと研磨によって変化するという単純なモデルであるが、表面状態ならびに研磨レートの変動を数式で表すことに成功した。モデルの妥当性について他の研究者により公表されたデータに当てはめて実験値と計算値がよく一致することを確認し、また、ドレス条件を変化させた実験でその妥当性を確認した。さらに、このモデルによってこれまで生産現場で経験されている様々な研磨レート変動現象をうまく説明することに成功した。

第3章はCMPにおける材料除去のミクロモデルについて、これまでの研究者のモデルの問題点を指摘し、それらを矛盾無く説明しうる新たなモデルを提案した。スラリー中の砥粒が、研磨パッドのウエハとの接触部の周縁部に滞留し、その作用砥粒数によって研磨レートが決まるというもので、研磨パッド表面粗さの異なる研磨パッドと研磨レートの関係を評価することによりモデルの検証を行

った。パッドコンタクト部の総フェレ径が研磨レートと比例関係を示し、提案モデルの妥当性が示された。また、総フェレ径と荷重の関係を数式より求め、研磨レートの荷重依存性をこのモデルでもうまく説明できることを示した。

第4章は前章で提案したフェレ径モデルについて、さらに数値計算によってその妥当性を確認した。材料除去が砥粒の表面への分子吸着によりなされるとし、砥粒と基板との接触面積から1個あたりの材料除去量を計算し、実際の研磨レートと比較することにより、何個の砥粒がパッドの接触部で愛量除去を行っているかを計算したところ、数10個であることを示した。この数字は従来のパッド接触面積に比例して砥粒が存在するというモデルにあてはめると小さすぎるが、第3章で示したフェレ径モデルに対しては妥当である。また、滞砥粒数を増やすためには接触部の形状が効果があること、研磨パッドのポアによる形状が砥粒の滞留に効果がある可能性を指摘した。

第5章ではCMPの欠陥についてのリテーナーリングの圧力、材料との関係を調べ、リングからの摩耗による樹脂材料とスラリー中の粗大粒子が凝集してスクラッチを引き起こすモードを示した。リテーナー圧力が高いほど、樹脂摩耗量が増加するとともに、圧力による凝集も進むためスクラッチの発生が加速する。摩耗レートの低いリング材を用いるか、リング圧力を低く抑えることが効果的である。また、スクラッチの原因となる粗大粒子径は数 $\mu\text{m}$ 程度と考え、研磨パッドの接触部の大きさがそれよりも小さければスクラッチを低減できる可能性を示した。

第6章では単層の研磨パッドを用いた場合のローカル平坦性改善メカニズムを検討した。単層パッドは熱伝導率が高いため研磨により発生した熱を定盤側に逃がしやすく研磨中のパッド表面温度が積層パッドよりも低いことがわかった。パッド表面温度が同じならば単層積層に関わりなくローカル平坦性は一定で、温度によるパッド表面物性の違いがパッドの違いとして現れたことがわかった。この結果から、グローバル平坦化とローカル平坦化のメカニズムの違いを考察し、ローカル平坦性は研磨パッドのバルク弾性率ではなく、パッド最表面の実効弾性率が支配的であることを指摘した。また、パッド最表面の実効弾性率は表面アスペリティによっても影響を受けるため、アスペリティが小さいほどローカル平坦性が改善すると考えられ、このパッド表面物性の特徴は第3章で述べた高研磨レートに向けた方策と一定することを示した。

第7章は結論であり、本研究で得られた成果と今後の課題をまとめた。