

Study on the Material Removal Mechanism for CMP characteristics

著者	Bakier Mohammed Ahmed Yousof Abdelhakeem
発行年	2021-09-24
その他のタイトル	CMPにおける材料除去メカニズムに関する研究
学位授与番号	17104甲情工第362号
URL	http://hdl.handle.net/10228/00008574

氏名	Mohammed Ahmed Yousof Abdelhakeem Bakier (エジプト)
学位の種類	博士 (情報工学)
学位記番号	情工博甲第362号
学位授与の日付	令和3年9月24日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	Study on the Material Removal Mechanism for CMP characteristics (CMPにおける材料除去メカニズムに関する研究)
論文審査委員	主査 教授 鈴木 恵 友 " 濱 脇 正 樹 " 坂 本 比 呂 志 " 伊 藤 高 廣

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

近年、CMPでは、半導体デバイス構造の3次元構造を量産レベルで実現させるため、材料除去レートの均一性の向上のほかに、ディッシング及びエロージョンなどのパターン特有の問題を解決させる必要がある。

本論文では、CMPの研磨微子の凝集モデルに関する内容と、パターンの影響を考慮したパターントラッピングモデルに関する内容を提案している。前半の凝集モデルでは、動的光散乱法により微粒子の凝集を実験的に検証したほか、凝集理論的にも解析し、研磨性能の数学的解釈を行なった。特に本研究では、流体解析によるパターントラッピングモデルを考案し、これまでCMPで問題視されているパターンによる研磨性能への影響を予測する。特に半導体デバイスにおいては配線上に存在する段差の除去過程を解明することが可能であれば、実デバイスに発生する段差除去や、ディッシング及びエロージョンなど事前に予測することが可能となる。以下に、本論文で提唱している凝集モデルとパターントラッピングモデルについて説明する。

これまで研磨微粒子の凝集は、パッドの接触点近傍で局所的に発生することが言われてきた。ここでは材料除去モデルと凝集の関係に関して提唱されてきたが、実際のところ凝集と研磨性能との関係は不明であった。本研究では研磨前後において、動的光散乱のスペクトル変化により凝集することを確認した。ここでは研磨中においてスラリーのpHや研磨圧力、線速度などを変化させた時のピーク変化を系統的に解析し、研磨性能と凝集の関係を見出した。その結果、これまで研磨微粒子の凝集はスラリーのpHなど溶液の性質によって支配的ではなく、研磨中により凝集が発生し、さらに研磨時間により凝集が促進されることを確認している。これらの実験結果を解釈するため、凝集モデルに基づいた理論的考察を行なった。ここでは、過去の研究で報告されてきた研磨

微粒子数と研磨速度の関係に関する理論的解釈に対して、研磨微粒子数の部分に凝集項を導入し、凝集体の形成と研磨性能の関係を示した。これらのモデルによって得られた関係式により、研磨中に発生する凝集体の生成量や研磨性能の予測が可能となっている。CMP では研磨微粒子 1 つあたりの除去量が微量であるため、単一分散モデルでは十分に希釈されたスラリーでも材料除去レートが 500 nm/min と高速研磨が可能であるモデルについて説明困難であったが、本研究で提唱された凝集モデルにより材料除去が促進されることを確認した。

次に、研磨性能予測をブランケットウェーハではなく、パターンウェーハまで拡張させた。近年、CMP は、デバイスの 3 次元構造や複数のパターン寸法に適用させるため、パターンウェーハによる材料除去モデルの確立が必要不可欠である。これまで、パターンウェーハにおける材料除去に関する報告は、プラナリゼーションレングスと呼ばれるパターン寸法と段差量に関する記述が主流であった。しかしながら、従来のモデルでは、経験的な手法で材料除去に寄与している研磨微粒子の挙動に着眼していない。そのことから、本研究では流体解析ソフトを用いて研磨微粒子の運動とパターン段差の影響について評価した。同様の研究では、低屈折率透明パッドを用いた研磨微粒子観察により研磨微粒子の運動がパターン段差によって影響が確認された。本研究ではこれらの実験結果と計算結果を比較している。計算手法に関しては、スラリー液層が $10 \mu\text{m}$ の前提条件で実施した。その結果、パターンのエッジ部分においては局所的に圧力が増加することが確認できた。ここでは圧力分布の高い領域のみを選択的に段差除去が生じた部分として仮定し、再度、段差除去後の流体解析を実施した。その結果、圧力が増加するエリアがパターンエッジ近傍からパターン全体に徐々に広がった。さらに、高圧力領域を材料除去部分として除去させた後の形状に対して同様な計算を繰り返した。ここで得られた結果は、実験的検証を含めて、パターントラッピングモデルとして報告されている。パターントラッピングモデルの実用性については、複数のデバイスパターンで検証する必要があるが、本手法を用いることで段差除去の予測を材料除去に対して直接的に影響する研磨微粒子の挙動から予測することが可能になることから、理想的な CMP が可能なデバイスパターンを設計する上で有効な評価手法として期待できる。

学位論文審査の結果の要旨

本論文に関し、調査委員から 研磨中における研磨微粒子の凝集物の生成や崩壊過程に対する内容や、パターントラッピングモデルを実証するための流体モデルとパターンによる段差除去の評価指針、そして、メッシュ分割法などについて質問がなされたが、いずれも著者から満足（明確）な回答が得られた。また、公聴会においても、多数の出席者があり、種々の質問がなされたが、いずれも著者の説明によって質問者の理解が得られた。

以上により、論文調査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査

した結果、本論文が、博士（情報工学）の学位に十分値するものであると判断した。