九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

平坦化CMPおよび薄膜堆積機構に基づく成膜形状・膜質評価に関する研究

大嶽, 敦

https://hdl.handle.net/2324/462279

出版情報：Kyushu University, 2011, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：

KYUSHU UNIVERSITY

氏名・(本籍・国籍)	おおたけ　あつし 大嶽　敦（茨城県）
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	工博甲第２０６６号
学位授与の日付	平成24年3月27日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当　工学府　知能機械システム専攻
学位論文題目	**平坦化CMPおよび薄膜堆積機構に基づく成膜形状・膜質評価に関する研究**
論文調査委員	（主　査）准教授　黒河周平 （副　査）教　授　土肥俊郎　　准教授　大西　修 教　授　柿本浩一

論　文　内　容　の　要　旨

LSI(Large Scale Integration)は急速な高集積化により、'90 年代中盤には表面凹凸による問題が顕在化した。そこで、新たな平坦化法として CMP(Chemical Mechanical Polishing)の採用が進んだ。CMP を実施しないと前段の成膜プロセスによる凹凸が多層化で蓄積され、露光・断線不良の原因となる。CMP においては、同一プロセス条件でも製品により残留凹凸分布が異なることから、プロセス実施以前でのシミュレーションが重要とされてきた。一方、CMP は下流側プロセスであるため CMP 以前の段階で存在していた凹凸分布が、シミュレーション上重要な初期条件となる。しかし、膜種や製造法によって膜堆積形状が異なる問題があり、膜形状を把握するため試行実験を繰返す必要があった。また、上記問題に加え CMP はウェットプロセスゆえ、膜質すなわち膜の吸湿性・稠密性及び膜に含まれるプロセス起因の不純物量を知ることも課題である。これらは、膜形成機構を詳しく調べる事で初めて明らかになるが、従来は経験的手法での解決が主であり、根本的現象解明に至っているとは言えない。このため条件が変化した場合の結果について事前予測が難しかった。本論文では以上に述べた課題を解決するため、問題を平坦化、膜形状及び膜質の３つに大別して各々のシミュレーション手段を確立すると共に、上記の統合的利用により設計・プロセスを改善する手法についての研究結果を纏めたものであり全５章からなる。

第１章は序論であり、本研究の背景と目的、狙いについて述べた。また、開発したシミュレータの概要を記載した。

第２章では高速動作する CMP シミュレータの開発と応用について述べた。CMP シミュレータは周期境界条件を適用し、FFT(Fast Fourier Transform)により高速化するのが一般的である。一方、FFT を導入すると同一チップが無限遠まで並ぶ事になり、混成生産ウエハやウエハ端部の計算で破綻する。そこで、本論文では非周期境界条件で高速計算する手法を開発した。さらに STI(Shallow Trench Isolation)に関するシミュレータではディッシングが速やかに定常に達するとして定常状態近似を導入し、パラメータを１個に減じた。この結果、計算速度を通常の非周期境界条件での計算に比較して約 20 倍高速化できた。また、開発シミュレータを用いた STI エッチバックマスクの最適化手法を開発し、マスク設計改善により平坦性を向上させる手法について述べた。本手法を適用することで、膜厚ばらつきを約 30%削減可能であることが判明した。

第３章では成膜機構に基づいた成膜形状のシミュレーション手法について述べた。酸化膜については特に O_3(オゾン)-TEOS(TetraEthylOrthoSilicate)膜堆積形状について機構の詳細をシミュレーションと実験によって検証し、ICP(Induction Coupling Plasma)法と比較した。ま

た、非酸化膜系膜については、Ru(ルテニウム)-CVD 及び TiN(窒化チタン)-CVD 膜についてその成膜機構を非経験的分子軌道法と基礎実験の解釈により明らかにし、成膜形状予測シミュレーション手法を開発した。この結果、Ru-CVD 及び TiN-CVD における成膜挙動の理論的説明を可能とし、プロセス条件による膜形状変化が予測可能となった。さらにメッキ Cu(銅)膜の成膜機構について、メッキ液中の添加剤の性質とその挙動を明らかにし、メッキ成膜形状のプロセス依存性について論じた。この結果、メッキ膜で発生するオーバーグロース現象がメッキ促進剤の添加を考慮することで再現可能である事を明らかにした。

第 4 章では膜質のシミュレーション及び評価法について述べた。上記に述べた通り CMP はウェットプロセスであり、膜の吸湿性評価が必要である。そこで、TDS(Thermal Desorption Spectrum)スペクトル解析手段を開発し、膜内部での水や異物の拡散係数と表面での脱離速度定数を同時に解析可能な手法を考案した。従来手法では異物の拡散を解析するために、膜中異物分布を膜厚方向に均一と仮定する場合や、計算負荷のかかる手法を必要としたが、本研究では高速に解析する手法を新たに開発した。本手法により、同じプラズマプロセスで形成した酸化膜であっても、低電子密度・低電子温度で形成した膜より高電子密度・高電子温度で成膜した膜の方が吸湿性が低い事を明らかにした。また、吸湿性の高い膜は稠密性に劣る傾向にあり、F(フッ素)添加 SiO_2 膜では水拡散路の発生で稠密性も低下する事を指摘した。更に膜に含まれる水素や塩素の量とプロセス条件の相関を評価する手法を開発し適用結果を述べた。

第 5 章は結論であり、本研究で得られた成果と今後の課題を纏めた。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本研究は、非周期境界条件で高速動作するCMPシミュレータを開発し、開発シミュレータを用いてSTIエッチバックマスクの設計改善により平坦性を向上させる手法を提案するとともに、新たに考案した成膜機構に基づく膜形状のシミュレーション手法を用いてCVDおよびメッキ成膜形状のプロセス依存性を解明し、さらに膜内部での水や異物の拡散係数と表面での脱離速度定数を同時に解析可能な手法を用いて膜の吸湿性評価を行った研究であって、機械工学上寄与するところが極めて大きい。よって、本論文は博士（工学）の学位論文に値するものと認める。