

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Der Prozess des chemisch-mechanischen Polierens (CMP)	1
1.2	Stand der Forschung	6
1.2.1	Vergleich zwischen Preston-Gleichung und Experimenten	7
1.2.2	Makroskopische Eigenschaften des Poliertuchs	7
1.2.3	Makromechanische Betrachtung der Beanspruchung der Waferoberfläche	8
1.2.4	Mikromechanische Betrachtung	10
1.2.5	Der Slurryfilm	12
1.3	Untersuchungsgegenstand und Zielstellung	13
2	Grundlagen der verwendeten Methoden	17
2.1	Die Methode der finiten Elemente (FEM)	17
2.1.1	Herleitung für nichtlineare FEM am Beispiel eines Stabes	17
2.1.2	Sonderfall linear-elastisches Material	21
2.1.3	Behandlung von Viskoelastizität	22
2.1.4	Realisierung von Kontakt	24
3	Phänomenologische Materialmodelle für Tuch und Template	27
3.1	Genereller Aufbau von Poliertuch und Template	27
3.2	Möglichkeiten zur Berücksichtigung des Feinaufbaus	28
3.3	Phänomenologische viskoelastische Materialmodelle	30
3.4	Entwicklung einer Messeinrichtung	33
3.4.1	Motivation	33
3.4.2	Prinzip des Versuchsaufbaus	33
3.4.3	Praktische Umsetzung	37
3.4.4	Versuchsdurchführung	39

3.5	Messergebnisse	41
3.6	Auswertung und Bestimmung der Materialparameter	52
3.7	Implementierung in ABAQUS	57
3.7.1	Die allgemeine Funktion der Subroutine UMAT	57
3.7.2	Dreidimensionale Umsetzung eines einzelnen Maxwell-Körpers	59
4	Axialsymmetrische Modellierung des Poliersystems	63
4.1	FEM-Modell	63
4.2	Analytisches Modell	66
4.3	Vergleich der beiden Modelle	72
4.4	Wesentliche Eigenschaften des Poliersystems	75
4.5	Kombinieren mehrerer Bälge	78
4.6	Zusammenfassung	79
5	Einbeziehung bewegungsabhängiger Einflüsse mit einem Streifenmodell	83
5.1	Motivation und Zielstellung	83
5.2	Aufbau des Streifenmodells	84
5.3	Parameterstudie	85
5.3.1	Ausgangszustand	85
5.3.2	Modellierung mit elastischem Tuch	86
5.3.3	Modellierung mit viskoelastischem Tuch	89
5.4	Zusammenfassung	92
6	Vollständige 3D-Modellierung	93
6.1	Motivation und Zielstellung	93
6.2	Aufbau des Modells	94
6.3	Parameterstudie	99
6.3.1	Festlegung der durchzuführenden Simulationen	99
6.3.2	Auswertung der Verformung des Tuches	100
6.3.3	Auswertung der Kontaktpressung zwischen Wafer und Polierruch	105
6.4	Modifikation des Modells	112
6.4.1	Vorgehensweise	112
6.4.2	Ergebnisse	114
6.5	Diskussion und Zusammenfassung	118

7 Berücksichtigung des Slurryfilms	121
7.1 Modellierung der Fluid-Struktur-Interaktion	121
7.1.1 Die Eulerschen Elemente in ABAQUS	121
7.1.2 Vergleich mit einer analytischen Lösung	123
7.2 Dreidimensionale Simulation des Slurryfilms	126
7.2.1 Zur Modellierung in ABAQUS	126
7.2.2 Parameterstudie	129
7.2.3 Bewertung	132
8 Zusammenfassung	133
Symbolverzeichnis	137
Abbildungsverzeichnis	143
Tabellenverzeichnis	147
9 Anhang	149
9.1 Herleitung der Materialgleichungen für die verwendeten viskoelastischen Modelle	149
9.1.1 Reihenschaltung einer Hookeschen Feder mit mehreren Voigt-Kelvin-Körpern	149
9.1.2 Parallelschaltung einer Hookeschen Feder mit Maxwell-Körpern	155
9.2 Analytische Lösung für eindimensionale Spaltströmung	160
Literaturverzeichnis	163