

# Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	3
Abstract	5
Inhaltsverzeichnis	7
1 Einführung	11
1.1 Motivation	11
1.2 Struktur der Arbeit	13
1.3 Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor	14
1.4 Dynamischer RAM	18
2 Grundlagen	21
2.1 Leitungsmechanismen	21
2.1.1 Direktes Tunneln	21
2.1.2 Fowler-Nordheim Tunneln	22
2.1.3 Störstellenunterstütztes Tunneln	22
2.1.4 Poole-Frenkel-Emission	22
2.1.5 Schottky-Emission	23
2.2 Oxiddegradationsmechanismen und Modelle des dielektrischen Durchbruchs	24
2.2.1 Degradationsmechanismen und Durchbruchmodelle	24
2.2.2 Statistik des dielektrischen Durchbruchs	30
2.3 Dielektrische Absorption	33
2.4 Materialspezifische Eigenschaften ausgewählter Oxide	39
2.4.1 Alternative Oxide für Kondensatoren dynamischer Speicher	39
2.4.2 Alternative Gateoxide für moderne Transistoranwendungen	45
2.5 Zusammenfassung der Literaturrecherche	51
3 Experimentelle Methoden	53

## Inhaltsverzeichnis

---

3.1	Strukturelle Charakterisierung	53
3.1.1	Röntgenreflektometrie	53
3.1.2	Röntgendiffraktometrie	54
3.1.3	Rastertransmissionselektronenmikroskopie und Energiedispersive Röntgenspektroskopie	55
3.2	Elektrische Charakterisierung	57
3.2.1	Interne Fotoemissionsspektroskopie	57
3.2.2	Messmethoden zur Erfassung des dielektrischen Durchbruchs	59
3.2.3	Messaufbauten für schnelle elektrische Charakterisierung	63
3.2.4	Bestimmung der Haftstellendichte in Oxiden	69
4	Kondensatoren mit hoch- $\epsilon_r$ Dielektrikum für dynamische Speicher	71
4.1	Schichtherstellung	71
4.2	Strukturelle Charakterisierung	75
4.2.1	Schichtdicken Bestimmung mittels XRR	75
4.2.2	Strukturanalyse mit Röntgendiffraktometrie	76
4.2.3	Rastertransmissionselektronenmikroskopie und Energiedispersive Röntgenspektroskopie	79
4.3	Elektrische Charakterisierung	82
4.3.1	Kapazitäts- und Leckstrommessungen	82
4.3.2	Haftstellendichte in $ZrO_2$ basierten MIM Schichten	89
4.3.3	Bandstruktur	90
4.3.4	Dielektrische Absorption $ZrO_2$ basierter Kondensatoren	94
4.3.5	Durchbruchverhalten $ZrO_2$ basierter Kondensatoren	98
4.4	$HfO_2$ basierte ferroelektrische Speicherkonzepte	104
4.5	Zusammenfassung DRAM Speicher	108
5	Transistoren mit hoch- $\epsilon_r$ Gateoxid und Metallelektrode	109
5.1	Probenbeschreibung	109

## Inhaltsverzeichnis

---

5.2	Elektrische Charakterisierung	111
5.2.1	Gateleckstrom	111
5.2.2	Einfluss der Grenzflächen Defektdichte	113
5.2.3	Dielektrische Absorption HfO <sub>2</sub> basierter Gateoxide	115
5.2.4	Durchbruchverhalten HfO <sub>2</sub> basierter Transistoren mit Metall-Gate-Elektrode	117
5.3	Zusammenfassung HKMG Transistoren	126
6	Zusammenfassung und Ausblick	127
	Anhang	129
A.1	Übersicht der Oxide für die Elemente des Periodensystems	129
A.2	Übersicht der Kristallisationstemperatur ausgewählter binärer und ternärer Oxide	131
	Formelzeichen und Abkürzungen	133
	Abbildungsverzeichnis	137
	Literaturverzeichnis	145
	Publikationsliste	161
	Danksagung	165