

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	v
Abstract	ix
Formelzeichen- und Abkürzungsverzeichnis	xv
1 Einleitung und Motivation	1
1.1 Struktur der Arbeit	1
1.2 Siliciumcarbid als Material für Leistungshalbleiter	3
1.3 Motivation der Arbeit	7
2 Grundlagen und Hintergrund	9
2.1 Siliciumcarbid	9
2.1.1 Kristallographie	11
2.1.2 Physikalische und elektrische Eigenschaften	12
2.2 Oberflächen- und Kristalldefekte in SiC	13
2.2.1 Defekte in Substraten	16
2.2.2 Ausgedehnte Defekte in Epitaxieschichten	20
2.2.3 Defekte in prozessierten Wafern	22
2.3 Homoepitaxie mittels chemischer Gasphasenabscheidung	23
2.4 Grundlagen Siliciumcarbid Trench-MOSFET	28
2.5 Einfluss von Kristalldefekten auf leistungselektronische SiC-Bauelemente	30
2.6 Modelle zur Berechnung defektbezogener Ausbeutevorhersagen	35
2.7 Berechnung der Güte der defektbezogenen Ausbeutevorhersage	36
3 Experimentelle Grundlagen	39
3.1 Verwendete monokristalline 4H-SiC Substrate	39
3.2 SiC-Homoepitaxie mittels CVD	40
3.2.1 Schichtdickenmessung	42
3.2.2 Dotierungsmessung	42
3.3 Defekt-Charakterisierung mittels SICA88	43
3.4 Siliciumcarbid Trench-MOSFET	57
3.4.1 Prozessierung von SiC Trench-MOSFETs	57
3.4.2 Elektrische Charakterisierung von SiC Trench-MOSFETs	59
3.4.3 Zuverlässigkeitsuntersuchungen	62

4 Ergebnisse und Diskussionen	67
4.1 Einfluss der Inspektionsparameter auf Defekterkennung mit SICA88	68
4.2 Defektcharakterisierung an SiC-Epitaxieschichten	80
4.2.1 Einfluss der Substratreinigung auf Defektbildung in Epitaxieschichten	81
4.2.2 Beeinflussung des Defekthaushalts durch Variationen im Epitaxieprozess: In-situ Ätzen unter H₂-Atmosphäre	98
4.2.3 Defekteinfluss der Wachstumsratenvariation von Puffer-, oder Sperrsicht	106
4.2.4 Defektbeeinflussung durch kombinierte Wachstumsratenvariation von Puffer- und Sperrsicht	120
4.2.5 Einfluss der Trench-MOSFET Prozessierung auf Oberflächen- und Kristalldefekte	132
4.3 Korrelation der Defektdaten mit elektrischen Vormess-Ausbeuten	149
4.3.1 SiC Trench-MOSFET kritische und unkritische Defekte	151
4.3.2 Vorhersagbarkeit der defektbezogenen Ausbeute auf Substraten verschiedener Hersteller	176
4.3.3 Wachstumsraten-abhängige ausgedehnte Defekte in Korrelation zu elektrischen Ausfällen	181
4.3.4 Erweiterte elektrische Untersuchungen an SiC Trench-MOSFET Bauelementen	191
4.3.5 Zuverlässigkeitsuntersuchungen an SiC Trench-MOSFET Bauelementen	205
5 Zusammenfassung	215
6 Weiterführende Untersuchungen und Versuche	227
Literaturverzeichnis	231