



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
BERGAKADEMIE FREIBERG

Die Ressourcenuniversität. Seit 1765.

Aspekte der Zuverlässigkeitsauslegung von gepulsten DMOS Endstufen

Von der Fakultät für Werkstoffwissenschaften und Werkstofftechnologie
der Technischen Universität Bergakademie Freiberg

genehmigte

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur
(Dr.-Ing.)

vorgelegt von **M.Sc. Alexander Mann**

geboren am 29. Januar 1989 in Meißen

Gutachter: Prof. Dr. Yvonne Joseph
Prof. Dr. Johannes Heitmann

Tag der Verleihung: Freiberg, den 18. November 2019

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	11
Formelverzeichnis	13
1. Einleitung	15
2. Grundlagen und Stand der Technik	19
2.1. Der DMOS-Leistungstransistor	19
2.2. Repetitive Power Pulsing als Stressmechanismus	20
2.3. Materialverhalten unter zyklischer thermomechanischer Belastung	24
2.4. Literaturstudie	28
2.4.1. Testansätze und bisherige experimentelle Erkenntnisse	28
2.4.2. Lebensdauermodellierung	31
2.4.3. Thermomechanische Simulationsansätze	32
3. Versuchsplanung und Methodik	39
3.1. Bestimmung des erforderlichen Versuchsumfangs	39
3.2. Variation der Schichtabfolge des Metallisierungssystems	42
3.3. Teststrukturdesign	44
3.4. Wafer-Level Lebensdauerbestimmung	49
3.5. Langzeittestsystem	50
3.6. Auswertungsmethodik der Lebensdauerversuche	57
3.7. Elektrothermische Simulationsmethodik	58
4. Inbetriebnahme	63
4.1. Plausibilitätsprüfung	63
4.2. Kalibrierung des Temperatursensors	65
5. Einfluss der Metallsystemschiichtabfolge	69
5.1. Intrinsische Robustheit	69
5.2. Analyse der Ausfallstellen	73
5.3. Zusammenfassung des Einflusses der Metallsystemschiichtabfolge	77
6. Geometrisches Design als Zuverlässigkeitsfaktor	79
6.1. Seitenverhältnis und Spannungsklasse	79
6.2. Laterale ILD-Dichte	81
6.3. Layout der obersten Metallschicht	82
6.4. Empirische Modellierung der Lebensdauer	83
6.5. Zusammenfassung der Einflussgrößen des geometrischen Designs	89
7. Prozesskontrolle und Degradationsbeeinflussung	91
7.1. Ritzgrabenstruktur als Prozessmonitor	91
7.1.1. Fallbeispiel zur Methodikevaluierung	92
7.1.2. Design	93
7.1.3. Prüfung der Übertragbarkeit	94

7.2. Designmodifikation zur Stressbeeinflussung	97
7.2.1. Layoutbedingte Beeinflussung des Ausfallorts	97
7.2.2. Ergebnisdiskussion	100
7.2.3. Früherkennungsmethodik	103
8. Designstrategie zur Endstufenauslegung	107
9. Zusammenfassung und Ausblick	111
A. Schaltplan Langzeittestsystem	115
Literaturverzeichnis	115
Abbildungsverzeichnis	127
Tabellenverzeichnis	135
Publikationen	137