

# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b> .....	1
<b>1 Stand der Entwicklung bei Leistungsbau-elementen</b> .....	4
<b>2 Simulation und Modellierung von Leistungsbau-elementen</b> .....	10
2.1 Modellierung .....	11
2.2 Grundgleichungen der Halbleiterphysik .....	13
2.3 Einsetzbarkeit von Bauelementsimulatoren bei der Modellierung .....	17
<b>3 Modellierung der physikalischen Effekte im IGBT</b> .....	19
3.1 Grundstrukturen .....	19
3.2 Funktionsweise und elektrische Eigenschaften .....	20
3.3 Emitter-Randzone .....	22
3.4 Ladungstransportmodell der quasi-neutralen Basiszone .....	23
3.5 Widerstandsmodulations-Effekt .....	26
3.6 Modellierung des internen p-n-p-Transistors des IGBT .....	27
3.7 Modifikation des Modells für verschiedenen technologischen Aufbau .	27
3.8 Ladungstransport in der Raumladungszone .....	36
3.9 Dynamischer Avalanche-Effekt .....	39
3.10 Ladungstransport im Kanal .....	40
3.11 Parasitäre Effekte .....	44
3.11.1 Latch-Up-Effekt .....	44
3.11.2 Parasitärer JFET-Effekt .....	45
3.11.3 Parasitäre Kapazitäten .....	46

<b>4</b>	<b>Modellierung der dynamischen Vorgänge in Leistungsbaulementen</b>	50
4.1	Vergleich bestehender Methoden und deren Defizite	50
4.2	Schaltverhalten des IGBT	52
4.3	Analyse der dynamischen Vorgänge nach dem Ladungssteuerungsmodell	55
4.4	Analyse der dynamischen Vorgänge nach der Methode des gewichteten Residuums	59
4.5	Die approximative Lösung der Diffusionsgleichung mit der Galerkin-Methode	61
<b>5</b>	<b>Modellierung der thermischen Effekte in Leistungshalbleitern</b>	65
5.1	Thermische und Hochinjektionseffekte in Leistungshalbleitern	66
5.2	Thermische und elektrische Kopplung	72
<b>6</b>	<b>Hochtemperatureffekte bei Leistungsbaulementen</b>	75
6.1	Intrinsische Leitfähigkeit bei hochbelasteten Leistungshalbleitern	75
6.2	Thermische Instabilität bei Leistungshalbleitern	78
6.2.1	Thermisches Weglaufen bei Leistungs-MOS-Transistoren	79
6.2.2	Dioden-Randaufheizung	80
<b>7</b>	<b>Simulation und Modellverifikation</b>	82
7.1	Implementation der Modelle in Netzwerksimulatoren	82
7.2	Simulationsergebnisse	86
7.2.1	Thermische Effekte	86
7.2.2	LDMOS-Leistungstransistor	92
7.2.3	LIGBT	98
7.2.4	Baulementsimulation des Schaltverhaltens	103
7.2.5	Netzwerksimulation und Analyse des Schaltverhaltens	106
7.2.6	Gültigkeitsgrenzen des Netzwerkmodells	112

---

<b>8 Parameterextraktion</b> .....	116
8.1 Grundprinzip der Parameteroptimierung .....	116
8.2 Auswahl von Optimierungsverfahren .....	118
 <b>Zusammenfassung und Ausblick</b> .....	 120
 <b>Anhang</b> .....	 124
A. Physikalische Modelle .....	124
B. Parameter der Physikalische Modelle .....	128
 <b>Literaturverzeichnis</b> .....	 130