Inhaltsverzeichnis

Symbolverzeichnis **VI**

Einleitung **1**

1 Der Monolithische Bidirektionale Schalter **3**

1.1 Dimensionierung des MBS 4

1.2 Funktionsweise des Mesas 7

1.3 Sperrzustand 11

1.3.1 Sperrkennlinie bei verschiedenen Gatespannungen 15

1.4 Durchlasszustand 16

1.5 Strombegrenzter Durchlasszustand 22

1.5.1 Pinch-Off begrenzter Strom 22

1.5.2 Raumladungsbegrenzter Strom 28

2 Stromrichter **41**

2.1 U-Umrichter 42

2.2 Beanspruchung der Bauelemente 45

2.2.1 Natürliche Kommutierung 45

2.2.2 Erzwungene Kommutierung 47

3 Einschalten des MBS **48**

3.1 Einprägen eines Stromsprunges 48

3.2 Einprägen eines linear ansteigenden Stroms 51

4 Abkommutieren des MBS **53**

4.1 Entladephase 55

4.2 Abkommutierphase 59

4.2.1 Stromaufteilung und Sperrspannungsaufnahme im Intervall $t_0 < t < t_{RRM}$ 59
4.2.2 Maximale Rückstromdichte J_{RRM} zur Zeit $t = t_{RRM}$ . . 62
4.2.3 Kontrolle der Rückstromphase $t_{RRM} < t < t_0 + t_{RR}$ . . . 65
4.3 Beispiele zum Abkommutieren eines MBS 69
4.3.1 Mit Pinch-Off kontrollierter Abkommutiervorgang 69
4.3.2 Abkommutiervorgang mit unvollständig ausgeräumter Basis zum Zeitpunkt $t = t_{RRM}$ 72
4.3.3 Abkommutiervorgang mit raumladungsbegrenzten Strömen 74
4.4 Verluste beim Abkommutieren 76
4.4.1 Mindestverlustenergie beim kompletten Abkommutiervorgang 77
4.4.2 Mindestspeicherladung $Q_{F_{min}}$ beim Abkommutieren mit Entladephase 81
4.5 Vergleich MBS – SiC Schottky-Diode 82

5 Schaltfrequenz des MBS im „Dioden"-Betrieb 86
5.1 Vergleich der Schaltfrequenzen des $100\mu m$ MBS mit SiC Schottky-Dioden 89

6 Natürliche Kommutierung 91
6.1 MBS-„Schalter" schnell einschalten 92
6.2 MBS-„Schalter" langsam einschalten 94
6.2.1 Beide MBS-Bauelemente steuern 95
6.2.2 MBS-„Schalter" steuern, „Diode" nur entladen 101

7 Erzwungene Kommutierung 105
7.1 Kommutierung mit zwei $100\mu m$ MBS 105
7.2 Kommutierung mit zwei $1000\mu m$ MBS 110

8 Vergleich MBS – IGBT Module 112

9 Kommutierungskreise mit $L_S \to 0$? 115

9.1 Einfluss der Streuinduktivität auf die Gatesteuerung 117

10 Zusammenfassung **118**

10.1 Ausblick 119

A Anhang **120**

A.1 Driftgeschwindigkeit der Elektronen und Löcher 120

A.2 Raumladungsbegrenzter Löcherstrom mit reduzierter Anfangsladung 121

A.3 Einschaltüberspannung beim MBS 124

A.4 Stromaufteilung beim Abkommutieren 127

A.5 Maximaler Rückstrom beim Abkommutieren des MBS 132

A.6 MBS-Modell mit Schaltungsumgebung während der Rückstromphase 134

A.7 Verlustenergie während der Rückstromphase 136

A.8 SiC Schottky-Diode 138

A.9 Verlustenergien bei der natürlichen Kommutierung 141

A.10 1200V IGBT-Module 145

Literaturverzeichnis **146**