

# Inhaltsverzeichnis

<b>Verwendete Abkürzungen</b>	<b>xxi</b>
<b>1 Einleitung, Stand der Technik, Zielstellungen</b>	<b>1</b>
1.1 Wide-Bandgap-Halbleiter für energieeffiziente Leistungsschalter . . . . .	1
1.2 GaN-HEMTs und deren Anwendungsfelder . . . . .	7
1.3 Stand der Technik: GaN auf Si und die Rolle von Versetzungen und inversen Pyramidendefekten (V-pits) . . . . .	9
1.4 Zielsetzung und Struktur der Arbeit . . . . .	12
<b>2 Grundlagen: GaN-HEMTs auf Si, Versetzungen und V-pits</b>	<b>17</b>
2.1 Motivation und Prinzip von GaN-HEMTs . . . . .	17
2.1.1 Eigenschaften der Gruppe-III-Nitride (Al,Ga,In)N . . . . .	17
2.1.2 Die AlGaN/GaN-Heterostruktur und das 2DEG . . . . .	19
2.2 Epitaxie und Prozessierung von AlGaN/GaN-HEMTs auf Si . . . . .	22
2.2.1 Substratwahl: GaN-Substrat vs. Fremdsubstrat . . . . .	22
2.2.2 Metall-organische, chemische Gasphasenabscheidung . . . . .	23
2.2.3 AlGaN/GaN auf Si und Entstehung von Versetzungen und V-pits . . . . .	25
2.2.4 Prozesstechnologie . . . . .	35
2.3 Versetzungen und V-pits vs. elektrische Material- und Bauelement-eigenschaften . . . . .	36
2.3.1 Versetzungen als Leckstrompfade . . . . .	36
2.3.2 V-pits als Zentren vertikalen Durchbruchs . . . . .	40
<b>3 Experimentelle Methoden und untersuchte Proben</b>	<b>43</b>
3.1 In der Arbeit untersuchte Proben . . . . .	43
3.2 Probenpräparation . . . . .	48
3.2.1 Vereinzelung, Ätzen von SiN und Probenreinigung . . . . .	48
3.2.2 Mechanische Präparation von Querschnitten und Schrägschliffen . . . . .	50
3.3 Charakterisierung mittels Rasterkraftmikroskopie (AFM) . . . . .	52
3.3.1 Topographie mittels Tapping-AFM . . . . .	52
3.3.2 Leckstrompfade mittels leitfähigem AFM (C-AFM) . . . . .	56
3.4 Charakterisierung mittels Rasterelektronenmikroskopie (SEM) . . . . .	62
3.4.1 Topographie und Materialkontrast mittels Sekundär- und RückstreuElektronenmikroskopie (SE/BSE) . . . . .	63

3.4.2	Qualitative Elementzusammensetzung mittels energiedispersiver Röntgenspektroskopie (EDS) . . . . .	65
3.4.3	Visualisierung von TDs und Bestimmung des Al-Gehalts mittels Kathodolumineszenz (CL) . . . . .	67
3.5	TD-Dichten und -Typen mittels defektselektivem Ätzen (DSE) . . . . .	71
3.6	Zusammenfassung: Charakterisierung von Versetzungen und V-pits	74
<b>4</b>	<b>Korrelative Analytik von Versetzungen und V-pits</b>	<b>79</b>
4.1	Untersuchung von Versetzungen . . . . .	79
4.1.1	Entwicklung einer Messmethodik in direkter Korrelation .	80
4.1.2	Systematik der Analyse struktureller und elektrischer Versetzungseigenschaften . . . . .	85
4.1.3	Einfluss von Nukleationsqualität und C-Dotierung auf Versetzungscharakteristika . . . . .	91
4.1.4	Ursachen versetzungsinduzierter Leckströme . . . . .	97
4.2	Untersuchung von V-pits . . . . .	105
4.2.1	Entwicklung einer Messmethodik in direkter Korrelation .	106
4.2.2	Einfluss von Nukleationsqualität auf die Dichte an V-pits .	111
4.2.3	Ursache der elektrischen Leitfähigkeit von V-pits . . . . .	113
4.3	Zusammenfassung: Eigenschaften von Versetzungen und V-pits . . . . .	121
<b>5</b>	<b>Versetzungen und V-pits vs. Bauelemente</b>	<b>125</b>
5.1	Rolle von Versetzungen in der AlGaN-Barriere . . . . .	126
5.1.1	Entwicklung eines Experiments zum direkten Nachweis des Einflusses auf Schottky-Dioden . . . . .	127
5.1.2	Ergebnisse in Durchlassrichtung . . . . .	134
5.1.3	Ergebnisse in Sperrrichtung . . . . .	139
5.1.4	Einfluss auf Gate-Durchbruch von AlGaN/GaN-HEMTs . .	142
5.2	Rolle von V-pits und Versetzungen in den Pufferschichten . . . . .	144
5.3	Zusammenfassung: Versetzungen und V-pits vs. HEMTs und Schottky-Dioden . . . . .	150
<b>6</b>	<b>Wertende Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>155</b>
<b>Referenzen</b>		<b>161</b>
<b>Veröffentlichungen</b>		<b>179</b>
<b>Danksagung</b>		<b>181</b>